ஒளியும் ஒலியும்

"பௌதிக நூல்," "ஸங்கீத ஒலி நூல்" இயற்றியவரும்
அண்ணாமலைச் சர்வ கலாசாலைப்
பௌதிக ஆசிரியருமான

ஆர். கே. விசுவநாதன், எம். ஏ.,

எழுதியது

தருமபுரம் ஆதீனம் உச-வது மகாசந்நிதானம்
**ஸ்ரீலஸ்ரீ ஷண்முகதேசிக ஞானசம்பந்த
பரமாசார்ய சுவாமி அவர்கள்**
பொருள் உதவியைக்கொண்டு

மயிலாப்பூர்
மதராஸ் லா ஜர்னல் அச்சுக்கூடத்தில்
பதிப்பிக்கப்பெற்றது.

1942

விலை ரூ. 1-8-0

ஸ்ரீ எஸ். ஸத்யமூர்த்தி அவர்களுக்கு

சமர்ப்பணம்

முகவுரை

மேல் தரப்படிப்புக்குத் தமிழ் உதவாது என்று யாராவது எண்ணினால் அது தவறு என்பதற்கு விசுவநாதன் அவர்கள் எழுதிய இந்தப் புத்தகம் போதிய அத்தாட்சியாகும். தமிழின் பிறவியழகை அறிந்தவர்களில் ஒருவர் விசுவநாதன். இது அவர் ஆக்கியிருக்கும் புதுச் சொற்களிலிருந்து கண்டு கொள்ளலாம்.

சென்னை,
14-2-42.

சக்கரவர்த்தி-இராஜகோபாலாசாரி.

நன்றியுரை

இப்புத்தகத்தைப் பிரசுரஞ் செய்யப் பொருள் உதவியளித்தவர்களும் இதுபோல் பல புத்தகங்களை அச்சியற்றியாருக்கும் இலவசமாகக் கொடுத்து வருபவர்களுமான தருமபுரம் ஆதீனகர்த்தர் ஸ்ரீலஸ்ரீ ஷண்முகதேசிக ஞானசம்பந்த மகாசந்நிதானம் அவர்களுக்கு நான் என்றும் நன்றியுள்ளவனாயிருப்பேன். இக் கட்டுரைகளில் பல சுதேசமித்திரன் வாரப் பதிப்பு, கலைமகள், பாரதமணி என்னும் பத்திரிகைகளில் வெளிவந்தவை. கடைசி இரண்டும் திருச்சி ரேடியோ நிலையத்தில் வாசிக்கப் பட்டவை. இப்பத்திரிகைகளின் ஆசிரியர்களுக்கும், திருச்சி ரேடியோ நிலைய அதிகாரிக்கும் எனது வந்தனம் உரித்தாகும். என்பால் அன்பு கூர்ந்து இப்புத்தகத்திற்கு முகவுரை எழுதியுள்ள நமது ஒப்பற்ற தலைவர் ராஜாஜி அவர்களுக்கு என் மனமார்ந்த நன்றியைத் தெரிவித்துக்கொள்ளுகிறேன். வந்தே மாதரம்.

ஆர். கே. விசுவநாதன்.

விஷய அட்டவணை

			பக்கம்
1.	பொருள்களின் நிலைகள்	..	1
2.	பொருட்கவர்ச்சி	..	8
3.	திரவங்களின் சிறப்பியல்பு	..	14
4.	பவன இறுக்கமும் பாழிடமும்	..	27
5.	வெப்பத்தின் காரணம்	..	36
6.	நீராவி	..	43
7.	ஆற்றல்	..	51
8.	ஒலியும் கட்டிடங்களும்	..	60
9.	சாரீரம்	..	74
10.	செவிப்புலன்	..	88
11.	ஹெம் ஹோல்ட்ஸ்	..	97
12.	ஒலிப்பதிவு	..	103
13.	ஒளிப்பதிவு	..	111
14.	பேசும் சினிமாப்படங்கள்	..	119
15.	ஸர். சி. வி. ராமன் ஒளி	..	126
16.	ராண்ட்ஜன் ஒளி	..	134
17.	கிரகணங்கள்	..	142
18.	நிறமாலை	..	149
19.	ஒளி நிறமாலையின் விளக்கம்	..	158
20.	ஒளியும் ஒலியும்	..	167
21.	மின்சாரத்தின் வரலாறு	..	177
22.	மின்னலும் இடியும்	..	193
23.	மின்சாரசக்தியின் சில உபயோகங்கள்.		202
24.	கதிரியக்கம்	..	213
25.	மாக்ஸ்வெல்	..	220
26.	பொருள்களின் உள் அமைப்பு	..	231
27.	பிந்துவாதம்	..	241

3542

1. பொருள்களின் நிலைகள்

பொருள்கள் திட, திரவ, வாயுவென்னும் மூன்று நிலைகளிலே இருக்கின்றன. திடப் பொருள்களெல்லாம் தமக்கென ஒரு குறிப்பிட்ட உருவமும், பருமையுமுடைய கட்டிப்பொருள்களாகும். திரவங்கள் என்பவை நீர்த்தன்மை வாய்ந்தன. இவற்றின் பருமை மாருதனவாயினும் உருவங்கள் மாறும் தன்மை வாய்ந்தனவாகும். இவைகள் அவற்றை ஏற்றுக்கொண்டிருக்கும் பாத்திரங்களின் வடிவைக் கொண்டிருக்கும். வாயுக்களுக்குக் குறிப்பிட்ட வடிவமுமில்லை, பருமையுமில்லை. அவைகள் அவற்றிற்கு அகப்படக்கூடிய எல்லா இடங்களிலும் பரவும் தன்மை வாய்ந்தன. திரவங்களும், வாயுக்களும் பொதுவாக ஓடிகள் என்று கூறப்படும். கட்டிப் பொருள்கள் அவற்றின் உருவைக் குலைக்கும் சக்திகளைத் தடுத்து நிற்கும் இயல்பைக் கொண்டிருக்கின்றன. ஓடிகளுக்கு இவ்வியல்பு கிடையாது. இவ்வேற்றுமையைக் கொண்டு

பொருள்கள் திடப்பொருள்களென்றும், ஓடிக ளென்றும் பிரிக்கப்படுகின்றன.

பொருள்கள் எல்லாம் சின்னஞ் சிறு அணுக் களாலானவை என்று நெடுநாட்களுக்கு முன்பே விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள். மேலும் இவ் வணுக்கள் எல்லாம் நிரந்தரமான இயக்கத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டுமென்றும் உணர்ந்தார் கள். முதன் முதலில் பிரபல இயற்கை நூல் விஞ்ஞானியான ப்ரௌன் (Brown) என்பவர் தான் ஓர் அணுதரிசனியைக் கொண்டு இத் தகைய இயக்கத்தைத் திரவங்களில் கண்டார். அதன்பொருட்டு இந்த இயக்கத்தை ப்ரௌனி யன் இயக்கம் (Brownian movement) என்று கூறுவது வழக்கம். இதிலிருந்து இயற்கைக்கு ஓய்வே கிடையாது என்று ஊகிக்கலாம். நிற்க, திட, திரவ, வாயு நிலைகளின் வேற்றுமைக்கு இந்த அணுக்களின் நெருக்க வேற்றுமையே காரண மாகும். வாயு நிலையிலே அணுக்கள் நெடுந் தூரம் விலகி இருக்கின்றன. திரவ நிலையிலோ அணுக்கள் சற்று நெருங்கி இருக்கின்றன. திட நிலையில் பின்னும் நெருங்கி இருக்கின்றன. இவ் வாறு இருப்பதால் அணுக்களிடையே பல வேறு கவர்ச்சி சக்திகள் தொழிற்படுகின்றன. வாயு

நிலையில் இத்தகைய கவர்ச்சி சக்திகள் மிகக் குறைவு. வாயு நிலையைக்காட்டிலும் திரவ நிலையில் அணுக்களுக்குள் நட்பு சிறிது அதிகமா யிருப்பதால், அவைகளைப் பாத்திரங்களில் சுலப மாக ஏற்க முடிகின்றது. திட நிலையில் அணுக் களுக்கு இடையே உள்ள நட்பு உச்ச நிலையை அடைந்திருக்கிறது.

திட நிலையில் அணுக்களிடையேயுள்ள இக் கவர்ச்சி சக்திகள் பொருளுக்குப் பொருள் மாறு படுகின்றன. உதாரணமாக சர்க்கரைக் கட்டி ஒன்றை வெகு சுலபமாக நசுக்கிப் பொடியாக்கி விடுகிறோம். ஆனால் இரும்புத் துண்டு ஒன்றை இவ்வாறு செய்ய முடியவில்லை. ஒரு மரத்துண் டின் மேல் பட்டையைக் கத்தியைக்கொண்டு வெகு சுலபமாக எடுக்க முடிகின்றது. ஆனால் ஓர் உலோகத் துண்டிலிருந்து இவ்வாறு எடுக்க முடியவில்லை. இதனால் திடநிலையில் பொருள் களின் உருவத்தையோ பருமையையோ மாற்று வதற்கு வேண்டுகிற சக்தி வேறுபடுகிறது என்று உணரலாம். பிரயோகித்த பின்னர் சக்தியை நிறுத்திவிட்டால் எல்லாப் பொருள்களும் முன் நிலையை அடைய முயலுகின்றன. ஆனால் இம் மீளும் திறமை ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் ஒவ்

வொரு விதமாக இருக்கிறது. தவிர பிரயோகிக்கும் சக்தி வரம்புக்கு மிஞ்சி அதிகமாகிவிட்டால் பொருள்கள் மீண்டும் முன் நிலையை அடைவதில்லை. திரவங்கள் அவற்றின் உருவைக் குலைக்கும் சக்தியை எதிர்க்க இயல்பற்றதாக இருக்கின்றன என்று முன்பே கூறினோம். இது முற்றிலும் உண்மையன்று. மிகக் குறைந்தவளவில் இத்தன்மையைத் திரவங்களிடத்திற் காணலாம். உதாரணமாக, தேன், விளக்கெண்ணெய், தண்ணீர் இவைகளைக் கீழே ஊற்றினால் தேனும், விளக்கெண்ணெயும் நீரைக்காட்டிலும் தாமதத்துடன் செல்வதைக் கவனிக்கலாம். இவ்வேற்றுமைக்கு திரவங்களின் பாகு நிலை (Viscosity) காரணம்.

பொருள்களின் திட, திரவ, வாயு நிலைகள் ஒன்றையொன்று தொடர்ந்தே இருக்கின்றன. திரவப் பொருளாகிய தண்ணீரைக் காய்ச்சினால் வாயுப் பொருளாகிய ஆவியாக மாறுகிறது. குளிரச் செய்தால் திடப்பொருளாகிய பனிக் கட்டியாகிறது. இத்தகைய தன்மை ஏறக்குறைய எல்லாப் பொருள்களிடத்தும் காணப்படுகிறது. நாம் திடப் பொருளாகவே கருதியிருக்கும் இரும்பு, செம்பு முதலிய உலோகங்க

ளும் நன்றாகச் சூடேற்றப்பட்டால் உருகி திரவ மாகின்றன. இவ்வாறே பிராணவாயு, நீரகம் (Hydrogen) முதலிய வாயுப்பொருள்களைக் குளிரச்செய்து திரவங்களாகவும், பின்னும் குளிரச்செய்து திடப்பொருள்களாகவும் மாற்றலாம். நிற்க, திடப்பொருள் சூடேறுவதால் நேரே வாயுப்பொருளாவதும் உண்டு. கற்பூரத்தைக் காய்ச்சினால் அது திரவமாக மாறாமல் நேரே ஆவியாகிவிடும். இது போலவே ஊதிதப் (Iodine) படிகங்களும் காய்ச்சப்பட்டால் புகையாக மாறிவிடும்.

இவ்வாறு பொருள்கள் நிலை மாறும்போது அவற்றின் பருமைகளும் மாறுபடுகின்றன. தண்ணீர் உறைந்து பனிக்கட்டியாகும்போது நூற்றுக்கு ஒன்பது மடங்கு அதன் பருமை அதிகரிக்கின்றது. இதனால் பனிக்கட்டியின் செறிவு (Density) குறைந்து அது நீரில் மிதக்கிறது. உறையும்பொழுது இம்மாதிரி பருமை அதிகரிப்பது தண்ணீருக்கு மட்டுந்தான் ஏற்படுகிறது. இதனால் கற்பிளவுகளில் தங்கி நிற்கும் மழைநீர் குளிர் காலத்தில் உறைந்து விடுகிறது. அதன் பருமை அதிகரிப்பதால் கற்பாறைகள் பிளந்து நொறுங்கி விடுகின்றன. குளிர்ந்த நாடுகளில்

வீடுகளுக்குத் தண்ணீர் கொண்டுவர உபயோகப் படும் குழாய்களினுள்ளே இருக்கும் நீர் மாரிக் காலத்தில் உறைந்து போவதால் அக்குழாய்கள் வெடித்துவிடுவது உண்டு. நிற்க, தண்ணீர் கொதித்து ஆவியாகும்போதும் இவ்வாறு பருமைவேற்றுமை ஏற்படுகிறது. இப்பொழுது சுமார் 1700 மடங்கு அதிகமாகிறது. இவ் வதி கரிப்பால் விளையும் சக்தியைக்கொண்டு பெரிய நீராவியந்திரங்களை ஓட்டிப் பயன் படுத்தி வருவதை எல்லோரும் அறிவார்கள்.

சாதாரண சூடுகளிலும் திரவங்கள் ஆவியாக மாறுவதை அன்றாட வாழ்க்கையில் நாம் காண லாம். ஒரு சிறு தட்டிலே நீரைப் பெய்து வைத்தால் அது சிறிது நேரத்திலே மறைந்து விடும். நீருக்குப் பதிலாக சாராயத்தை வைத் தால் வெகு சீக்கிரத்திலே மறைந்துவிடுவதைக் காண்கிறோம். இவ்வாறு நிகழ்வதற்கு அணுக் களைக்கொண்டு காரணம் கூறலாம். பொருள் களிலுள்ள அணுக்களெல்லாம் நிரந்தரமான இயக்கத்தை யுடையனவென்றும், அதனல் அவைகள் பலவேறு திசைகளிலே பலவேறு கதிகளுடன் ஓடிக்கொண்டிருக்கும் என்றும் கண் டோம். இவ்வாறு திரவ அணுக்கள் இயங்கிக்

கொண்டிருக்கும்போது ஒன்றோடொன்று மோதிக்கொள்ளும். அதனால் சில அணுக்களின் கதி மிதமிஞ்சிப் போய்விடும். இவ்வணுக்கள் திரவத்தின் மேற்பரப்பிற் கருகிலிருக்க நேரும் பொழுது அவை திரவத்தைவிட்டு வெளியேறி விடுகிறது. இதுவே அணு இயக்க வாதத்தின் படி ஆவியாதலுக்குக் காரணமாகிறது. சூடு உயரும்போது அணு இயக்கத்தின் கதியும் அதிக மாகி, அணுக்களிடையேயுள்ள நட்பு குறைந்து, ஆவியாதல் விரைவாக நிகழ்வது சாத்திய மாகிறது.

2. பொருட் கவர்ச்சி

கிரகங்கள் வானத்தில் ஒழுங்குடன் செல்வதைக் கவனித்து, அதற்குண்டான விதிகளைத் தொகுத்து முதன் முதலில் எடுத்துரைத்தவர் கெப்ளர் (Kepler) என்னும் ஜெர்மனி தேசத்து விஞ்ஞானிதான். அதன் பொருட்டு அவ்விதிகள் "கெப்ளர்விதிகள்" என்று வழங்கப்பட்டுவருகின்றன. அவையாவன:—

1. எல்லா கிரகங்களும் சூரியனை ஒரு கேந்திரத்தில் (Focus) கொண்ட ஆயதங்களில் (Ellipses) சஞ்சரிக்கின்றன.

2. சூரியனையும் ஏதேனுமொரு கிரகத்தையும் சேர்க்கும் நேர்கோடு, சம காலங்களில் சமபரப்புகளைக் கடந்து செல்லுகின்றது.

3. கிரகங்கள் சூரியனைச் சுற்றி வரும் கால அளவுகளின் வர்க்கங்கள் சூரியனுக்கும் கிரகங்களுக்குமுள்ள சராசரி தூரங்களின் மும்மைக்கு நேர் விகிதமாக இருக்கின்றன.

ஏன் கிரகங்கள் எல்லாம் சூரியனைச் சுற்றி ஆயதவடிவு கொண்ட சுவட்டில் செல்ல வேண்டு

மென்பதற்குக் காரணம் கெப்ளரால் அறிய முடியவில்லை. அவருக்குப்பின் வந்த நியூட்டன் (Newton) என்ற பிரபல விஞ்ஞானியால் தான் இது சாத்தியமாயிற்று. இதைப்பற்றி ஒரு சம்பவம் கூறுவதுண்டு. ஒரு நாள் சாயங்கிரம், அவருடைய தோட்டத்தில் ஆழ்ந்த சிந்தனையுடன் அவர் உட்கார்ந்திருக்கும்பொழுது, அவர் முன் மரத்திலிருந்து ஒரு கனி விழுந்தது. அதனால் அவருடைய சிந்தனை கலைந்து அக் கனியின்மீது சென்றது. 'இக்கனியின்மீது பூமி கவர்ச்சி சக்தி தொழிற்படுவது போல் ஏன் கிரகங்களிற்கும் சூரியனுக்கு மிடையே ஒரு கவர்ச்சி சக்தி இருக்கக்கூடாது' என்ற எண்ணம் அவருக்குத் தோன்றிற்று. தோன்றவே, அவருக்கு முன் கெப்ளரால் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட கிரகசார விதிகளை ஆராய்ந்தார். அவைகளிலிருந்து கிரகங்கள் ஆயத வடிவு கொண்ட சுவட்டில் செல்வதற்கு அவைகளுக்கும் சூரியனுக்கு மிடையே உள்ள கவர்ச்சி சக்திதான் காரணம் என்று அறிந்தார். மேலும் அச்சக்தியின் அளவுக்குண்டான வாய்பாட்டையும் எடுத்துக் காட்டினார். அதாவது இரண்டு பதார்த்தங்களுக்கு மிடையே உள்ள கவர்ச்சிசக்தி அவற்றின் நிறைகளுக்கு (Masses) நேர் விகிதமாகவும், அவற்றி

னிடைத் தூரத்தின் வர்க்கத்திற்கு எதிர் விகிதமாகவுமுள்ளது என்று எடுத்துரைத்தார். இதை "நியூட்டன் பொருட் கவர்ச்சி விதி" அல்லது "பொருள் ஆகர்ஷண விதி" (Newton's Law of Gravitation) என்பார்கள். இவ்விதி கிரகங்களுக்கு மட்டும் அன்றி, பூமியின்மீதுள்ள பொருள்களுக்கும் பொருந்தும் என்று காட்டினார். இதை நிரூபிப்பதற்கு, பூமிக்கும் சந்திரனுக்குமுள்ள கவர்ச்சி சக்தியைக் கணக்கிட்டு, உயரத்திலிருந்து பூமியின்மீது விழும் பொருள்களின்மேல் தொழிற்படும் சக்திக்கு அஃது ஒத்திருப்பதைக் காட்டினார். தவிர, நெப்ட்யூன் (Neptune) என்னும் கிரகம் இவ் விதியைக்கொண்டுதான் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

இதிலிருந்து ஒவ்வொரு பொருளையும் சூழ்ந்து, கவர்ச்சிப் புலமொன்று இருக்கவேண்டுவதை உணரலாம். இப் புலத்தின் வலிமை அப் பொருளின் நிறைக்கு ஏற்பவிருக்கும். பூமியின் நிறை மிகப் பெரியதாகையால் அதன் மீதுள்ள எல்லாப் பொருள்களும் பூமியால் கவரப்படுகின்றன. நிற்க, காந்த துருவங்களுக்கிடையேயுள்ள சக்தியின் வலுவுக்கும், மின் துருவங்களுக்கிடையே யுள்ள சக்தியின் வலுவுக்கும் தனித்

தனி யுள்ள வாய்பாடு மேற்சொன்ன பொருட் கவர்ச்சி சக்திக்குண்டான வாய்பாட்டை ஒத் திருப்பதை அறியலாம். அதாவது. பொருட் கவர்ச்சிப் புலம், மின்புலம், காந்தப் புலம் இவற் றின் வலுவுக்குரிய வாய்பாடு எதிர் வர்க்க விதியை (Inverse square Law) அடிப்படை யாகக் கொண்டிருப்பது என்பதே. மின் புலம், காந்தப் புலம் இவைகளிரண்டும் சில வஸ்துக்க ளிடத்தில் அதிகப் பற்றுக்கொண்டது. ஆனால் பொருட் கவர்ச்சிப் புலத்திற்கு அவ்வாறில்லை.

பௌர்ணமியிலும், அமாவாசையிலும் கடல் பொங்கி வருவதைப் பார்த்திருக்கலாம். அந்நாட்களில் கடலில் மிகப்பெரிய அலைகள் உண்டாகிக் கரையை மோதும். இதற்குக் காரணம் என்னவெனில், அந் அந்நாட்களில் சூரியன், பூமி, சந்திரன் மூன்றும் ஒரே நேர் கோட்டில் இருக்கின்றன. பூமியைச் சூரியன், சந்திரன் இரண்டும் கவர்கின்றன. பூமியின் மேற்பரப்பிலிருக்கும் நீர் குவிந்து அதனால் பெரிய அலைகள் உண்டாகின்றன. சூரியனின் நிறை சந்திரனை நோக்க மிகப் பெரியதானாலும் சந்திரன் பூமிக்குச் சமீபத்திலிருப்பதால் சந்திர னுடைய கவர்ச்சிதான் அதிகமானது. ஆகையி

ளுல் இவ்வலைகள் பெரும்பாலும் சந்திரனுடைய கவர்ச்சியினுல் ஏற்படுகின்றன என்று உணரலாம்.

சமீபத்தில் ஐன்ஸ்டைன் (Einstein) என்ற விஞ்ஞானி நியூட்டன் பொருட் கவர்ச்சி விதியில் சிறு திருத்தம் செய்ய வேண்டுமென்று காட்டினுர். பொருள்களுக்கிடையே உள்ள சக்தி அவற்றின் நிறைகளைச் சார்ந்திருக்கின்றது என்று பார்த்தோம். இந்நிறைகளின் அளவு, பொருள்கள் செல்லும் கதியைச் சார்ந்ததென்றும், மிகச் சிறிய பொருளும் அதிக கதியைக் கொண்டிருப்பின் மிகுந்த நிறையை அடைந்திருக்குமென்றும் காட்டினுர். இவர் திருத்தத்தை ஒப்புக்கொள்ள விஞ்ஞானிகள் மறுத்தார்கள். இதற்கு ஒரு பரிசோதனை செய்யப்பட்டது. பதார்த்தங்களெல்லாம் மின்னுருக்களாலானவை (Electrons) என்றும், இம்மின்னுருக்கள் ஓடும்பொழுது மின்னருவி ஏற்படுகிறதென்றும், அவைகள் ஆடும்பொழுது ஒளி உற்பத்தியாகின்றதென்றும் நவீன ஆராய்ச்சிக்காரர்களால் அறியப்பட்டது. ஆகையால் பொருளும் ஒளியும் ஒரே தன்மையைக் கொண்டிருக்கும் பக்ஷத்தில், ஒளியும் மேற்சொன்ன கவர்ச்சி

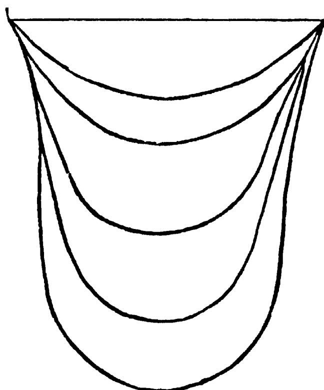
விதிக்கு ஏன் உட்படக் கூடாது என்று ஐன்ஸ்டைன் நினைத்தார். ஒரு நக்ஷத்திரத்திலிருந்து வரும் ஒளி சூரியனுக்குச் சமீபத்தில் வரும் பொழுது அதனால் அவ்வொளிக்கிரணங்கள் கவரப்படவேண்டுமென்றும், அதன்பொருட்டு அந்நக்ஷத்திரம் தன் உண்மை நிலையிலிருந்து விலகித் தோன்ற வேண்டுமென்றும் கூறினார். இவ்விலக்கத்தை நிறைக்கு வேண்டிய கதித் திருத்தத்துடன் கணக்கிட்டார். நியூட்டன் வாய்பாட்டின்படியும் விலக்கத்தைக் கணக்கிட்டார். இவ்விரண்டிலும் எது சரியென்று காண்பதற்கு 1919-ஆம் வருஷம் மே மாதம் 19-ஆம் தேதியன்று ஏற்பட்ட பூரண சூரிய கிரஹணத்தின் பொழுது பிரபல ஆராய்ச்சிக்காரர்களால் சோதனை நடத்தப்பட்டது. அவர்கள் தக்க கருவிகளைக்கொண்டு இவ்விலக்கத்தை அளந்தார்கள். ஐன்ஸ்டைன் கணக்குத்தான் சரியென்று நிரூபிக்கப்பட்டது. அதிலிருந்து அவர் புகழ் உலகமெங்கும் பரவிற்று.

3. திரவங்களின் சிறப்பியல்பு

பதார்த்தங்கள் திட, திரவ, வாயு வென்னும் மூன்று நிலைகளிலே இருக்கின்றன என்பது யாவரும் அறிந்த விஷயம். அந்நிலைகளுக்குத் தக்கவாறு அவற்றிற்குச் சில விசேஷ இயல்புகள் உண்டு. திரவ நிலையில் பதார்த்தத்தின் மேற்பரப்பில் தொழிற்படும் சக்தி இவ்வியல்புகளில் ஒன்றாகும். நீர் அடித்து நீர் விலகாது என்று சொல்லக் கேட்டிருப்பீர்கள். அதற்குக் காரணம் இச்சக்திதான். இச்சக்தியைப் **பரப்பு விகுவு** (Surface Tension) என்று சொல்வார்கள். அன்றாட வாழ்க்கையில் தண்ணீரை உபயோகிக்கும் பொழுதெல்லாம் இதைப் பார்க்கலாம். இச்சக்தியை அறிவதற்கு அநேக பரிசோதனைகள் காட்டலாம். திரவப் பரப்பு இழுத்துக் கட்டப்பட்ட ஒரு ரப்பர்த்தோலை ஒத்திருக்கிறதென்றும், சுருங்கும் தன்மையைக் கொண்டிருக்கிறதென்றும் அவைகளிலிருந்து அறியலாம்.

வீடுகளிலுள்ள குழாயை நீர் சொட்டுச் சொட்டாக விழுமாறு திருகிச் சரிப்படுத்துக.

ஒவ்வொரு சொட்டும் குழாயின் வாயினடியில் முதலில் சிறிய அளவில் ஏற்பட்டு, வரவரப் பருமன் அதிகரித்துக்கொண்டே வருவதைக் காணலாம். ஓர் அளவுப் பருமன் அடைந்தவுடன் அச்சொட்டுக் குழாயினின்று விடுபட்டுக் கீழே விழுவதைப் பார்க்கலாம். மேலும் கவனித்தால் ஒவ்வொரு சொட்டும் இதைப்போலவே



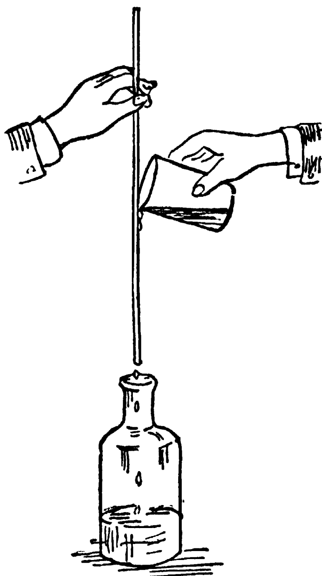
படம் 1.

மிகச் சிறிய அளவில் முதலில் தோன்றி, வரவரப் பருமன் அதிகரித்துக்கொண்டே வந்து, கடைசியில் கீழே விழுவதைக் காணலாம். ஒவ்வொரு முறையும் கீழே விழுவதற்குச் சற்று முன்பாகச்

சொட்டுகளெல்லாம் ஒரே பருமனும் வடிவும் கொண்டிருப்பதையும் காணலாம். இவ்வாறு நிகழ்வதைக்கொண்டு, அச்சொட்டின் மேற் பரப்பு ரப்பர்த் தோலைப்போல் பெருத்துக் கொண்டு வந்து ஒரு நிலையை அடைந்தவுடன், உள்ளிருக்கும் திரவத்தின் கனம் தாங்கமாட் டாமல் குழாயின் அடியிலிருந்து விடுபட்டுக் கீழே விழுகின்றது என்று ஊகிக்கலாம். 1-ஆம் படத்தில் நீர்ச் சொட்டுத் தோன்றிப் பருமன் அதிகரித்து வரும்மாதிரி காட்டப்பட்டிருக் கிறது.

மற்ெருரு பரிசோதனையைப் பார்ப்போம். வாய் குறுகலான ஒரு பாத்திரத்தினுள் நீரைப் பெய்யவேண்டி யிருப்பதாகக் கொள்வோம். வாயின் பக்கங்களில் படும்படி நீரை ஊற்றிச் சென்ருல், பாத்திரத்தின் பக்கமுழுவதும் நனைந்து நீர் உட்செல்லும். பக்கங்களில் படாமல் நிதான மாக நீரை ஊற்றலாம். இம்முறையில் நீரை வேகமாக உட்செலுத்த முடியாது. அவ்வாறு செலுத்த முயன்ருல் நீர் சேதமாகும். இந்த இரண்டு விதமும் அல்லாமல் வெகு சுலபமாக வும், சீக்கிரமாகவும் பாத்திரத்தை நிரப்பும் விதம் ஒன்று உண்டு. ஒரு கண்ணுடிக் குச்சியை

2-ஆம் படத்தில் கண்டபடி பாத்திரத்தின் வாய்க்குமேல் பிடித்துக்கொண்டு குச்சியின்

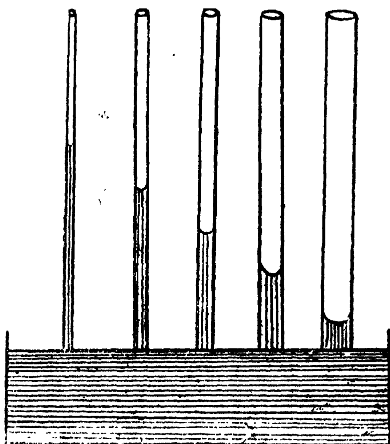


படம் 2.

மேல் படும்படி நீரை விட்டால், அதன் வழி யாகச் சிறிதும் சேதமின்றி நீர் விழுந்து பாத் திரம் நிரம்பிவிடும். குச்சி முதலில் நனைந்து

அதன்மீது ஏற்படும் நீர்ப்படலத்தின் பரப்பு விகுவினால் இது சாத்தியமாகிறது.

இன்னுமொரு பரிசோதனை: சிறிய துவாரங் கொண்ட புழைநாளமொன்றைச் செங்குத்தாக நீரில் சிறிதளவு முழுக்கினால், அதனுள்ளிருக்கும்



படம் 3.

நீர் வெளிப்பாத்திரத்திலுள்ள நீர் மட்டத்திற்குச் சற்று உயர்ந்து நிற்பதைக் காணலாம். நாளத்தின் உட்புறம் நனைந்து, அதன் வழியாக நீர் ஏறி அத்திரவப் பரப்பு விகுவு தூக்கக்கூடிய

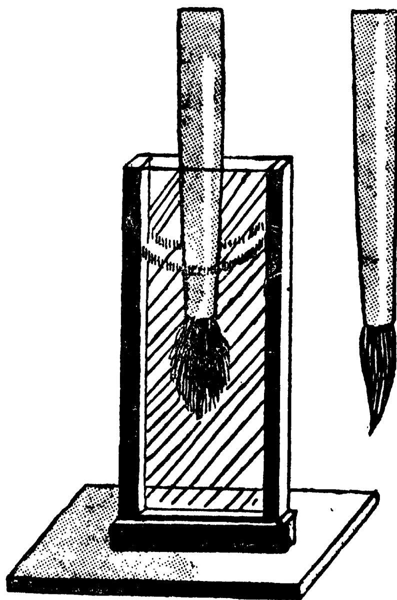
நீர் நிரை நிற்கின்றது. வெவ்வேறு துவாரங் கொண்ட நாளங்களில் நீர் வெவ்வேறு மட்டத் தில் நிற்கும். 3-ஆம் படத்தைப் பார்க்க. ஏதே னும் ஒரு நாளத்தில் இருக்கும் நீர் நிரையின் உயரத்தை அளந்து, அத்திரவத்தின் பரப்பு விகுவை ஒரு வாய்பாட்டின் உதவியால் பெற லாம்.

மேலும் ஒரு பரிசோதனையைக் காண்போம்: ஒரு தைக்கும் ஊசியை எடுத்து, அதன்மேல் சிறிதளவு வாஸலின் மெழுகைத் தடவுக. பிறகு அதை ஒரு மையுறிஞ்சும் தாளின்மேல் வைத்து நீர் நிறைந்த ஒரு பாத்திரத்தினுள் மெதுவாகப் போடுக. சிறிது நேரத்தில் தாள் நனைந்து முற்றும் ஊறிப் பாத்திரத்தினடியில் விழுந்து விடும். ஆனால் ஊசியோ மிதந்து நிற்கும். அது இவ்வாறு மிதப்பதற்கு அத்திரவத்தின் பரப்பு விகுவுதான் காரணமாயிருக்கிறது.

நீர்ப் பரப்புச் சுருங்கும் இயல்பு கொண் டிருப்பதை அறியச் சில பரிசோதனைகளைக் கூறுவோம்.

ஒரு தூரிகையை நீரினுள் முழுக்கினால் அதன் மயிர்களெல்லாம் விலகிப் படர்ந்திருப் பதைக் காணலாம். நீரிலிருந்து எடுத்தவுடன்

மயிர்கள் நெருங்கி ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதை யும் பார்க்கலாம். 4-ஆம் படத்தைப் பார்க்க.



படம் 4.

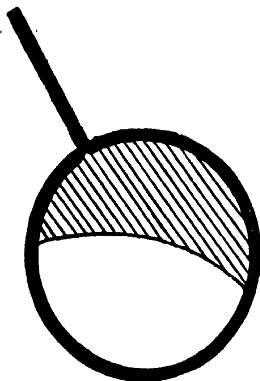
இதற்குக் காரணம்: மயிர்களில் ஒட்டிக்கொண் டிருக்கும் நீர், தன் பரப்பைச் சுருக்கிக்கொள்ள

முயலுவதால், மயிர்கள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக்கொண்டு குவிந்து நிற்கின்றன.

ஸோப்புக் கரைத்த நீரில் வட்டமாய் வளைந்ததொரு கம்பியை முழுக்கி எடுத்தோமானால் அதில் அதே வடிவுள்ள நீர்ப்படலம் இருப்பதைக் காணலாம். சிறிது நேரம் ஆனவுடன் நீர் வழிந்து படலம் மறைந்துவிடும். இக்கம்பி வளையத்துடன் அதன் ஒரு விட்டத்தின் இரு முனைகளிலும் ஒரு நூலிழையைச் சேர்த்துக் கட்டுக. இப்பொழுது அக்கம்பியை ஸோப்பு நீரில் முழுக்கி எடுத்தால் முன்போல ஒரு படலம் வளையத்தில் இருக்கும். அதன் நடுவில் இந் நூலிழை நெளிந்து மிதக்கும். இப்பொழுது நூலிழைக்கு ஒரு புறத்துள்ள நீர்ப்படலத்தை ஊசியினால் குத்தி மறையச்செய்க. உடனே நூல் மற்றப் பகுதியினால் பிகுவாக இழுக்கப் பட்டுப் பரப்பு எவ்வளவு குறையக்கூடுமோ அவ் வளவிற்குப் படலம் சுருங்கி நிலைத்திருப்பதைக் காணலாம். பின் உள்ள இரண்டு படங்களையும் பார்க்க இது நன்கு விளங்கும். (படம் 5, 6.)

திரவப்பரப்பின் இவ்வியல்புக்கு அணு இயக்க வாதத்தைக்கொண்டு சமாதானம் கூறுகிறார்கள். பதார்த்தங்களெல்லாம் சின்னஞ் சிறு

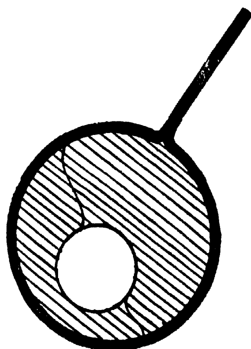
அணுக்களாலானவையென்றும், அவ்வணுக்க ளெல்லாம் நானுதிசைகளிலும் பல வேறு கதி களோடு ஓடிக்கொண்டிருக்கின்றன வென்றும் இவ்வாதத்திஞல் அறிகிரும். திட, திரவ, வாயு நிலேகளின் வேற்றுமைக்கு இவ்வணுக்களின் நெருக்க வேற்றுமையே காரணமாகும். அணுக் கள் ஒவ்வொன்றுக்கும் இடையே பரஸ்பரம்



படம் 5.

கவர்ச்சிச் சக்திகள் தொழிற்படுகின்றன. அணுக் களெல்லாம் ஒன்ருேடொன்று மோதுவதால் அவற்றின் கதிகள் மிகுந்தும் குறைந்தும் போகின்றன. இவ்வாறு அடிப்பட்ட அணுக்

களில் சில திரவத்தின் மேற்பரப்பை அடை கின்றன. மற்ற அணுக்களின் கவர்ச்சிகளெல் லாம் சேர்ந்து திரவப்பரப்பிலிருந்து வெளி யோட முயலும் அணுக்களைத் தடுத்து நிறுத்து

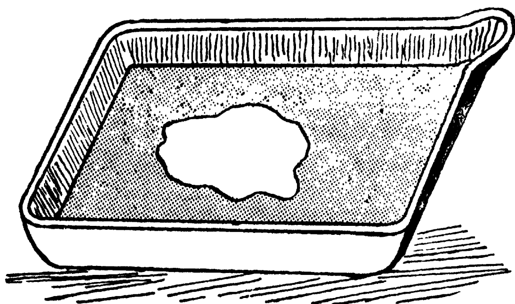


படம் 6.

கின்றன. அதனால் திரவப்பரப்பின் மீதுள்ள எல்லா அணுக்களும் உள்ளே இழுக்கப்படுகின் றன. இதிலிருந்து திரவப்பரப்பானது சுருங் கும் தன்மை வாய்ந்திருப்பதை அறியலாம்.

ஒரு திரவத்தின் மேற்பரப்பில் தொழிற் படும் இச்சக்தியின் பலம் திரவத்திற்குத் திரவம் மாறுபடும். இதை ஒரு பரிசோதனையினால் காட்டலாம். வாய் அகலமாயுள்ள ஒரு வெண்

களி அல்லது பீங்கான் தட்டில் சிறிது சிவப்புமை கலந்த தண்ணீரை எடுத்துக்கொள்க. சாராயத்தில் ஒரு கண்ணாடிக் குச்சியை நனைத்து அதன் முனையைத் தட்டின் மத்தியில் உள்ள நீரைத் தீண்டச் செய்க. உடனே நீர் நாலு பக்கங்களிலும் விலகித் தீண்டிய இடம் திட்டாக உலர்ந்து நிற்பதைக் காணலாம். இதை 7-ஆம்



படம் 7.

படத்தில் பார்க்க. இது எவ்வாறு நிகழ்ந்தது என்பதையும் சுலபமாக அறியலாம். கண்ணாடிக் குச்சியுடன் சிறிது சாராயம் தட்டின் மத்தியில் விழுகிறது. அதனால் அவ்விடத்திலிருந்த தண்ணீர் மற்றவிடங்களிலுள்ள தண்ணீரால் கவரப்படுவதால் அந்த இடம் உலர்ந்து போய்விடு

3542

கிறது. சாராயத்தின் பரப்புவிகுவு தண்ணீரின் பரப்பு விகுவைக்காட்டிலும் குறைவாக இருப்பதால் இது ஏற்படுகிறது.

தவிர, ஒரு திரவத்தின் பரப்பு விகுவு அதில் ஏதாவது ஒரு பொருளைச் சேர்க்கக் குறைந்து விடும். இதை ஒரு பரிசோதனையினல் காட்டலாம். சுத்தமாய்க் கழுவிய பாத்திரமொன்றில் தூய்மையான நீரை எடுத்துக்கொள்க. கட்டிச் சூடத்தை ஒரு கத்தியினல் மெல்லிய துணுக்குகளாக நறுக்கி அவைகளில் சிலவற்றை அந்நீரில் போடுக. அத்துணுக்குகள் அங்கும் இங்கும் ஓடுவதைக் காணலாம். இதற்குக் காரணம் யாதெனில் துணுக்குகள் விழுந்த விடத்தில் நீரின் பரப்புவிகுவு குறைந்துவிடுகிறது. ஆனல் அதற்குச் சமீபத்திலுள்ள தூயநீரின் விகுவு ஒரே அளவினதாக இருக்கிறது. அதனல் விகுவு குறைந்து நிற்கும் நீரை இழுக்கிறது. அதனுடன் துணுக்கு ஓடுகின்றது. அங்கே சென்றவுடன் அவ்விடத்திலுள்ள நீரின் விகுவு குறைந்து விடவே மற்ருெருபாகம் அதை இழுக்கிறது. இவ்வாருக அத்துணுக்கு அங்கும் இங்கும் ஓடுகிறது. பொங்குகின்ற கடலில் எண்ணெயை ஊற்றினல் அலைகள் அடங்கிவிடும் என்று

சொல்லுவார்கள். இதன் கருத்து என்னவெனில், எண்ணெயை விட்டவுடன் நீரின்விகுவு குறைவதால் கொந்தளிப்பு அடங்கிவிடும் என்பதுதான். இதே தத்துவத்தைக்கொண்டு தற்காலம் கொசுக்களைப் போக்குகிறார்கள். தேங்கி நிற்கும் சாக்கடை முதலிய இடங்களில் உள்ள தண்ணீரில் கொசு முட்டைகள் உற்பத்தி ஆகின்றன. அவைகள் நீரில் மிதந்து நிற்கின்றன. கொசுக்களும் நீரின் மேற்பரப்பின் விகுவினால் தாங்கப்பட்டு உட்கார்ந்திருக்கின்றன. எண்ணெயை விட்டவுடன் நீரின் பரப்பு விகுவு குறைய, முட்டைகளும் கொசுக்களும் நீரில் முழுகி மாய்கின்றன.

4. பவன இறுக்கமும் பாழிடமும்

பூமியைச் சுற்றிலும் பல மைல்கள்வரை காற்று மண்டலமே வியாபித்திருக்கிறது. இம் மண்டலமே பவனம் எனப்படும். இது ஒரு சதுர அங்குலத்திற்கு ஏறக்குறைய 15 பவுண்டு எடையுள்ள இறுக்கத்துடன் பூமியின்மேற் பரப்பிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் தாக்கி நிற்கின்றது. இந்த இறுக்கம் இடத்துக்கிடம் வேறுபடுகிறது. ஓரிடத்திலேயே இது காலப் போக்கில் மாறுபடும். இப்பவன இறுக்கத்தைச் சில பரிசோதனைகளினால் காட்டலாம். உதாரண மாக, ஒரு சிறு கண்ணாடிக் குவளையைத் தலை கீழாகத் தண்ணீரில் அமிழ்த்தினால், நீர் மட்டம் வெளியி லிருப்பதைவிடக் குவளை யினுள்ளே தாழ்ந்திருப்பதைக் காணலாம். குவளையினுள் அகப்பட்டிருக்கும் காற்றினது இறுக்கமே இம் மட்ட வேற்றுமைக்குக் காரணமாகும். இப் பரிசோதனையைத் தவிர இன்னுமொரு பரி சோதனையும் பார்க்கலாம். இக்குவளையில் தண்ணீரை முற்றும் நிரப்பி அதன்மீது ஒரு மெல்

லிய அட்டையை மூடித் தலை கீழாகக் கவிழ்த்து அட்டையை விட்டுவிட்டால் அது கீழே விழாமல் நிற்கும். குவளையிலுள்ள தண்ணீர் அட்டையைக் கீழே அழுத்த, புறத்திலுள்ள பவனத்தின் இறுக்கம் அட்டையை மேல்நோக்கி அழுத்துகிறது. பவனத்தின் இறுக்கம் அதிகமாகையால் அட்டை கீழே விழாமல் நிற்கிறது. இவ்விறுக்கம் பூஜ்ஜியமாயுள்ள இடம் பாழிடம் எனப்படும். இப்பாழிடத்தைப் பெறுவது சிரமமான காரியம். இதனால்தான் "இயற்கை பாழ்மையை வெறுக்கின்றது" (Nature abhors a vacuum) என்ற பழமொழி நம்மிடை வழங்கி வருகின்றது. ஆனால் தற்காலம் நம்முடைய வாழ்க்கைத் துறைகள் பலவற்றில் 'பாழ்மை' பயன்பட்டு வருகின்றது. உதாரணமாக, "தெர்மாஸ்" ஆருக் கலங்களிலும், எலெக்டிரிக் விளக்குகளிலும், ஆலைகளிலும், சர்க்கரையைச் சுத்தப்படுத்துவதிலும், ரயில் வண்டியை நிறுத்துவதிலும், பாழ்மையின் தன்மையை உபயோகித்து வருகின்றோம்.

1643-ஆம் ஆண்டிலே டாரிஸில்லி (Torricelli) என்னும் இதாலிய அறிஞரே முதன் முதலில் பாழிடம் ஒன்றை உண்டாக்கிக் காட்டி

ளுர். சுமார் ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ளதொரு உறுதியான கண்ணுடிக் குழாயினுள் பாத ரசத்தை முற்றிலும் நிரப்பி அதன் வாயை மூடிக் கொண்டு கவிழ்த்து, ஒரு கிண்ணத்திலுள்ள பாத ரசத்தினடியில் அதை முழுக்கி வாயைத் திறந்து விட்டுக் குழாயைச் செங்குத்தாகப் பிடித்தார். குழாயிலுள்ள பாதரசம் முற்றிலும் நிரம்பி நில்லாமல் ஏறக்குறைய 76 செ. மீட்டர் உயரமே நின்றதைக் கண்டார். மேலும் ரசநிரை யின் மேலுள்ள குழாயின் பகுதியில் ஏதுமின் றிப் பாழிடமாக இருப்பதையும் கண்டார். இவரே இதற்குக் காரணத்தையும் கண்டுரைத் தார். கிண்ணத்திலுள்ள பாதரசத்தின் பரப் பின்மீது தொழிற்படும் பவனத்தின் இறுக்கமே குழாயினுள் ரசநிரையைத் தாங்கி நிற்கிறதென் றும், ஆகவே பவன இறுக்கம் 76 செ. மீட்டர் உயரமுள்ள ரசநிரையின் எடைக்குச் சமம் என்றும் கூறினர். இக்குழாயிலுள்ள பாழிடத்தை டாரிஸெல்லியின் பாழிடம் என்றும் கூறுவார்கள்.

டாரிஸெல்லியின் ஆராய்ச்சியை அறியாமல் ஜெர்மன் தேசத்தில் ஓட்டோ வான் கெரிக் (Otto Von Guerike) என்ற விஞ்ஞானி இப் பாழிடத்தைப் பெற ஆராய்ச்சிகளைத் தனியே

நடத்தினார். ஒரு மரப் பிப்பாய் முழுவதும் நீரை நிரப்பிக்கொண்டு அந் நீரை, ஒரு சாதாரண இறைவியினால் பிப்பாயினுள் காற்று சிறிதும் புகாமல், வெளியேற்ற முயன்றார். அது பலிக்காமல் போகவே மரப் பிப்பாய்க்குப் பதிலாகச் செப்புக் குவளை ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு ஆராய்ச்சியை நடத்தியபோது புறத்திலுள்ள காற்றிறுக்கம் தாங்காமல் குவளை வெடித்து விட்டது. உறுதியான மற்றொரு குவளையைக் கொண்டு அதனுள் பாழிடத்தை உண்டு பண்ணினார். பின்னர் குவளை நிறையத் தண்ணீரை வைத்துக்கொண்டுதான் ஆராய்ச்சி தொடங்க வேண்டுமென்றில்லை என்று உணர்ந்ததோடு குவளையினுள்ள காற்றை மட்டுமே வெளியேற்றினால் போதுமென்று அறிந்தார். இதற்காக ஒரு காற்று இறைவியை இயற்றினார். அது அவர் பெயரால் இன்னும் வழங்கி வருகின்றது. இவரது ஆராய்ச்சிகளைக் கேள்வியுற்று அவற்றை அந்நாட்டு மன்னர் தன் முன் செய்து காட்டுமாறு இவரைக் கேட்டுக்கொண்டார். அப்போது இவர் செய்து காட்டிய பரிசோதனை "மாக்டிபர்க் கிண்ணங்கள்" (Magdeburg hemispheres) என்ற பெயரால் இன்னும் வழங்கி

வருகின்றது. இவை ஒன்றோடொன்று காற்றிறுக்கமாக மூடக்கூடிய இரண்டு கிண்ணங்களாகும். சாமானியமாய் அவற்றை மூடிவிட்டுப் பிறகு மிக எளிதாகத் திறந்துவிடலாம். அவர் அவற்றை மூடி ஒரு கிண்ணத்திலுள்ளதொரு துவாரத்தின் வழியாகக் காற்றை அவரது இறைவியைக்கொண்டு வெளியேற்றினர். பின்னர், அத்துவாரத்தை மூடிநிற்கும் திருகினுல் இறுக்கமாக அதை மூடிவிட்டுப் பிறகு கிண்ணங்களைப் பிரிக்க ஒவ்வொரு பக்கத்திற்கு எட்டுக் குதிரைகளைப் பூட்டி இழுக்கச்செய்தார். மிகுந்த சிரமப்பட்டு கிண்ணங்கள் படார் என்ற சப்தத்துடன் விலகியதை அரசர் முதலானவர்கள் கண்டு திகைத்துப்போனர்கள். புறத்திலுள்ள பவனத்தின் இறுக்கத்தினலேயே இக்கிண்ணங்களைப் பிரிக்கக்கூடவில்லை என்று அவர் கூறியதும் அவர்களின் வியப்பு இன்னும் அதிகரித்தது. இவ்வாறு டாரிஸில்லி, கெரிக் அடைந்து காட்டிய பாழிடத்தைத் தற்காலம் வெகு சீக்கிரத்தில் அடைய அநேகவகை இறைவிகள் இயற்றியுள்ளார்கள்.

இப்பொழுது பாழிடத்தின் தன்மைகளில் சிலவற்றைக் கவனிப்போம். முதன் முதலில்

டாரிஸில்லி பாழிடத்தை உண்டாக்கிக் காட்டியதும் அக்காலத்து விஞ்ஞானிகள் பரிசோதனைகள் நடத்தி அதன் மூலமாக ஒலி அலைகள் செல்லவில்லை என்று அறிந்தார்கள். ஆனால் அதன் மூலமாக ஒளி, வெப்ப அலைகள் செல்லக் கூடும். இதற்குச் சான்றாக நாம் சூரியனிடமிருந்து வெப்பத்தையும், ஒளியையும் அடைவதைக் கூறலாம். சூரியன் பூமியினின்று சுமார் 9 கோடி மைல் தூரத்திற்கப்பால் இருக்கிறது. ஆனால் பவனமோ சில மைல் உயரத்திற்குமேலே இருக்க முடியாது. ஆகையினால் அதற்கப்புறம் பாழிடமாகத்தானிருக்கவேண்டும். ஒளி, வெப்ப அலைகள் சுலபமாக இதைத் தாண்டி நம்மை அடைகின்றன. வெப்பம் இவ்வாறு பரவும் முறையைக் கிரணித்தல் (Radiation) என்பார்கள். வெப்பம் வேறு முறையில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குச் செல்லலாம். இதை உகைத்தல் (Conduction) என்பார்கள். இது பாழிடத்தில் நிகழ்வது சாத்தியமில்லை. இக்கருத்துத்தான் நாம் கையாளும் “தெர்மாஸ்” ஆறாத கலங்களில் அடங்கியுளளது.

ஆறாத கலத்தை முதலில் இயற்றியவர் டிவார் (Dewar) என்ற விஞ்ஞானி ஆவர்.

திரவப்படுத்திய வாயுக்களை ஏற்பதற்காக இதைச் சிருஷ்டித்தார். இக்கலம் இரட்டைச் சுவர் கொண்டது. இரண்டு சுவர்களுக் கிடையிலே உள்ள காற்று முற்றிலும் அப்புறப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். அதாவது அது பாழிடமாகும். வெப்பம் பாழிடத்தின் மூலமாகக் கிரணித்தலினால் சிறிது செல்லக்கூடுமாதலால், இதைக் குறைக்கச் சுவரின் உள்முகங்களிரண்டும் நன்ருக மெருகிடப் பட்டிருக்கும். இந்தக் கலத்தைச் சூழ்ந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் பஞ்சு, தூவி முதலியன இக்கலம் அதிர்ச்சியினால் உடைந்துவிடாமல் காக்கின்றன.

இப்பொழுது பாழ்மையைப் பயன்படுத்தி இயற்றியுள்ள மற்ெருரு சாதனமாகிய மின் சாரத் தழல் விளக்குகளைப் பார்ப்போம். ஒரு கம்பியின் வழியாக மின்னருவி பாயும்போது அது சூடேறிப் பழுத்துவிடும். இத்தகைய கம்பியைச் சூழ்ந்து ஒரு பாழிடத்தை உண்டாக்கி அதன் மூலமாகக் கம்பியிலிருந்து வெப்பமும் ஒளியும் வருகின்றதை முதலில் "ஸர் ஹம்பிரி டேவி" (Sir Humphery Davy) என்ற விஞ்ஞானி அறிந்து காட்டினர். இக்கருத்தைப் பயன்படுத்தி வீடுகளில் உபயோகிக்கக்கூடிய

வகையில் விளக்குகளைத் தயார் செய்ய விஞ் ஞானிகள் முன்வந்தார்கள். அவர்களில் முக்கிய மாக "எடிஸன்" (Edison) என்பவரைக் கூற வேண்டும். அவர் பல கம்பிகளை எடுத்துப் பரீக்ஷை செய்து பார்த்தார். கரி இழையே சிறந்தது என்று அறிந்தார். இது சூட்டினுல் பஸ்மீகரித்து விடாதிருப்பதற்காக அதைப் பாழி டத்தில் வைக்கவேண்டிய அவசியமேற்பட்டது. தற்காலம் "டங்க்ஸ்டன்" (Tungsten) இழையே உபயோகப்பட்டு வருகின்றது. விளக்குகளில் "ஆர்கான்" (Argon) போன்ற ஜடவாயுக்களை (Inert gases) நிரப்பி வைத்தால் இழைகள் இன் னும் உயர்ந்த சூட்டைத் தாங்குவதையும், அதிக ஒளியைத் தருவதையும் கண்டு, தற்காலம் குமிழி னுள் ஜடவாயு ஒன்றை ஏற்கின்ருர்கள்.

நிற்க, எக்ஸ்-கிரணக் குழாய்களிலும், மின் னுருத்தாழ்களிலும் (Thermionic valves) பாழி டத்தின் தன்மை பயன்பட்டு வருகின்றது. உயர்ந்த பாழ்மையுள்ள இடங்களிலே மின் பாய்ச்சல் ஏற்படும்போதுதான் குறைக் கதிர்கள் (Cathode rays) உண்டாகி, அக்கற்றை எதிர் குறைமுனை (Anti-Cathode) என்னும் பாகத்தை மோதும்போது, எக்ஸ்-கிரணங்கள் வெளிப்படு

கின்றன. இக் கிரணங்கள் பதார்த்தங்களின் மூலம் ஊடுருவிச் செல்லும் இயல்பு வாய்ந்தது. இதனுல், இக்கற்றைகள் வைத்தியத்துறையில் பெரிதும் பயன்பட்டுவருகின்றன. தவிர, ஒலிப் பதிவு முறையிலும் ரேடியோவின் செயல் முறையிலும் பிரதான அம்சமாக விளங்கும் மின்னுருத்தாழ் பாழிடத்தைக் கொண்டுள்ளது. இது போல நாம் பல துறைகளில் பாழிடத்தின் தன்மையை உபயோகித்து வருகின்ருேம்.

5. வெப்பத்தின் காரணம்

பூமியில் மனிதன் தோன்றியதுமுதல் அவனது வாழ்க்கைக்கு வெப்பம் இன்றியமையாததாக இருந்துவருகின்றது. முன்னாட்களில் மனிதர்கள் வெப்பத்தை ஒரு தெய்வமாகக் கொண்டாடி வந்தார்கள். முதன்முதலில் இரண்டு கற்களைத் தேய்த்து மனிதன் வெப்பத்தை அடைந்தான் என்று கூறப்படுகிறது. தற்காலம் வேண்டுமென்ற சூட்டிற்கு வெப்பத்தைத் தருவதற்குப் பலவித சாதனங்கள் நம்மிடை உள்ளன. உதாரணமாக, பெரிய இரும்பு ஆலைகளில் இரும்புச் சாமன்களைத் தயாரிப்பதற்கு உபயோகப்பட்டு வரும் அதிக உஷ்ணத்தைக் கொடுக்கக்கூடிய அடுப்புகள் முதற்கொண்டு நினைத்தபோது வீட்டில் வெகு சீக்கிரத்தில் காப்பி தயார்செய்ய உபயோகப்பட்டு வரும் மின்சார அடுப்புகள் வரையில் எண்ணிறந்த அடுப்புகள் நம்மிடை இருந்துவருகின்றன.

வெப்பவிளைவின் மூலகாரணத்தை நெடு நாட்கள் கழித்துத்தான் விஞ்ஞானிகள் ஆராயத் தொடங்கினார்கள். வெப்பம் எல்லாவற்றையும்

போல ஒரு பதார்த்தமாகத்தானிருக்கவேண்டு மென்று நினைத்து அதைப்பற்றிச் சிந்த னையே செய்யாமல் இருந்தார்கள். இப்பதார்த் தத்தைக் கலோரிகம் (Caloric) என்று கூறிவந் தார்கள். இது வெகு சூக்ஷ்மமானதென்றும், நிறையற்றதென்றும், நெகிழும் தன்மைவாய்ந்த திரவமென்றும் கருதப்பட்டது. இது பொருள் களில் அவற்றின் அணுக்களிடையே எப்போ தும் வியாபித்திருப்பதாகக் கொள்ளப்பட்டது. இதைக்கொண்டு வெப்ப விளைவுகள் அனைத்திற் கும் சமாதானம் கூறி வந்தார்கள். இதற்கு கலோரிக சித்தாந்தம் (Caloric Theory) என்று பெயரிட்டார்கள். உயர்ந்த சூட்டிலிருந்து தாழ்ந்த சூட்டிற்கு வெப்பம் பரவும்போது இப் பதார்த்தமே செல்வதாகக் கொள்ளப்பட்டது. பொருள்கள் ஒரே சூட்டிற்கு உயர வெவ்வேறு அளவு கலோரிகத்தை யுட்கொள்வதால்தான் அவற்றின் வெப்ப உரிமை (Specific Heat) மாறு படுகிறது என்று நினைத்தார்கள். வெப்பத்தினுல் பொருள்களின் பருமை, நீளம் முதலிய அளவை கள் அதிகமாவதற்குக் காரணம் இக்கலோரிக அணுக்களிடையேயுள்ள தவர்ச்சி சக்தியே என் றும் கருதப்பட்டது.

முதன்முதலில் இச்சித்தாந்தம் தவறு என்று "ரம்போர்டு" (Count Rumford), "டேவி" (Davy) என்ற விஞ்ஞானிகள்தான் ஆராய்ச்சிகள் நடத்திக்காட்டினார்கள். "ரம்போர்டு" என்பவர் ராணுவத்தில் உத்தியோகம் பார்த்துவந்த சமயத்தில் பெரிய பீரங்கிகளைப் பழுதுபார்க்க வேண்டிய அவசியம் ஏற்பட்டது. அச்சமயம் இருப்புப் பீரங்கிக்குழல் ஒன்றைக் கூரான மற்றொரு துண்டைக்கொண்டு துளைத்தபோது உராய்வினால் குழல் மிகுந்த சூட்டை அடைந்ததைக் கண்டு பிரமித்துப்போனார். இவர் செய்த ஒரு பரிசோதனையில் தொளாயிரத்து அறுபது (960) சுற்றுக்குப் பாரன் ஹீட் திட்டத்தில் தொண்ணூறு (90) பாகையிலிருந்து நூற்று முப்பது (130) பாகைக்குச் சூடு உயர்ந்ததைக் கண்டார். உராய்வினால் சிறிதளவே இருப்புத் தூளை அடைந்தார். கலோரிக சித்தாந்தத்தின் படி ஒரு கட்டிப்பொருள் தூள் நிலையிலிருக்கும்போது அதன் வெப்ப உரிமை மாறுகிறதாகவும், உராய்வு கட்டிப்பொருளிலிருந்து கலோரிகத்திரவத்தை வெளிப்படுத்துவதனால் சூடு அதிகரிப்பதாகவும், அதனால் தூளின் வெப்ப மேற்கும் திறன் குறைவதாகவும் கூறிவந்தார்

கள். ஆனால் "ரம்போர்டு" மேற் சொன்ன அவரது பரிசோதனையில் அடைந்த அதிகச் சூட்டுயர்வு இக்காரணத்தினால் ஏற்பட்டிருக்க முடியாதென்றும், இயக்கமே இதற்குக் காரண மாக இருந்திருக்க வேண்டுமென்றும் எடுத்துக் காட்டினார். இவ்வாறு வெளிப்படும் வெப்பம் உராய்வில் செலவழிக்கப்படும் வேலையினளவைச் சார்ந்ததே யென்றும், வரையறுக்கப்பட்ட அளவுள்ள உலோகத்திலிருந்து வரம்பற்ற அளவுகொண்ட வெப்பத்தை அடையலாமென் றும், ஆகவே வெப்பம் பதார்த்தமாக இருக்க முடியாதென்றும் சொன்னார். எல்லோரும் இதை ஒப்புக்கொள்வதற்கு வியக்கத்தக்க வழியில் பரி சோதனையை நடத்திக் காட்டினார். பீரங்கியில் துளைக்கப்பட்ட பாகத்தைச் சுற்றிலும் பெட்டி ஒன்றை அமைத்து, அதில் நீரைப் பெய்து, இரண்டு மணி நேரத்தில் அந்நீர் கொதித்து ஆவியாவதை அனைவருக்கும் காட்டினார். 1798-ஆம் ஆண்டில் ராயல் சொஸைடியின் கூட்டமொன்றில் வெப்பத்திற்குக் காரணம் இயக்கமே என்ற இவரது முடிவை எடுத்துச் சொன்னார்.

"டேவி" என்ற விஞ்ஞானி இன்னும் அதி சயிக்கத் தக்க வழியில் பரிசோதனையை நடத்திக்

கலோரிக சித்தாந்தம் தவறு என்று காட்டினர். கலோரிகத்திரவமே கலக்காதது என்று கருதப் பட்டுவந்த பனிக்கட்டிகளில் இரண்டை ஒன்று மற்றொன்றைத் தேய்க்குமாறு ஒரு சாதனத்தின் உதவியால் செய்து, பாரன்ஹீட் திட்டத்தில் இருபத்தொன்பது (29) பாகையிலிருந்து முப்பத் தைந்து (35) பாகைக்குச் சூடு அதிகரித்ததைக் காட்டினர். இதற்கு வெப்பம் அருகிலுள்ள காற்றிலிருந்து வந்திருக்கக்கூடும் என்று கலோரிக சித்தாந்த வாதிகள் கருதக்கூடுமென்று நினைத்துப் பாழிடத்திலும் இப்பரிசோதனையை நடத்திக் காட்டினர். தவிர, கட்டிப்பொருள் திரவமா கும்போது வெப்பம் ஏற்கும் திறன் குறைந்து விடுகிறது என்ற கலோரிக சித்தாந்தவாதிகளி னது அபிப்பிராயம் தவறு என்பதற்குப் பனிக் கட்டியைக்காட்டிலும் தண்ணீரின் வெப்பமேற் கும் திறன் அதிகமென்று பரிசோதனை மூலமாய் அறிந்த முடிவே போதுமெனக் கூறினர். இத ஞல் உராய்வு, பொருளின் வெப்பமேற்கும் திறனைக் குறைக்கிறது என்ற அவர்களது கருத் தும் பொய் என்று காட்டினர். இவ்வாறாக ரம்போர்டும், டேவியும் வெப்பத்திற்குக் கலோரி கத்திரவம் காரணமாகாதென்றும், இயக்கமே

காரணமாகுமென்றும் ஐயந்திரிபு இன்றி எடுத்துக்காட்டினார்கள்.

இப்பொழுது வெப்பத்தின் இயக்கவியல் வாதத்தைக் கவனிப்போம். பொருள்களெல்லாம் சிறு அணுக்களாலானவை என்று அனைவரும் அறிவார்கள். இவ்வணுக்களெல்லாம் இயங்கிக் கொண்டே இருக்கின்றன. இதற்குச் சான்றுகள் அனேகம் கூறலாம். உதாரணமாக, சர்க்கரைக் கட்டி ஒன்றை நீரில்போட அது சீக்கிரத்தில் கரைந்துவிடுவதை நாமறிவோம். இதற்குக் காரணம் சர்க்கரையின் அணுக்களும், நீரின் அணுக்களும் இயங்கி ஒன்ருெடொன்று நன்ருகக் கலந்துகொள்கின்றன என்று கூறவேண்டும். புனுகுவத்தி ஒன்றை ஏற்றிவைத்தவுடன் நாலா பக்கங்களிலும் வெகு விரைவில் அதன் வாசனை பரிமளிப்பதை நாமறிவோம். இதற்குக் காரணம் அதிலிருந்து வெளிப்படும் ஆவியின் அணுக்கள் இயங்குவதனுல் வாசனையும் அதனுடன் பரவுகின்றது என்று உணரலாம். ஆகையினுல், பொருள்களிலுள்ள அணுக்களெல்லாம் பலவேறு திசைகளில் பலவேறு கதிகளுடன் ஓடிக் கொண்டிருக்கின்றன என்று ஏற்படுகிறது. வெப்பத்தின் இயக்கவியல்வாதத்தின்படி ஒரு பொரு

ளில் ஏற்படும் வெப்பம் அப்பொருளின் பல வேறு அணுக்களும் கொண்டுள்ள இயக்க ஆற்றலின் (Kinetic energy) கூட்டுத்தொகையாகும். ஓர் உலோகத் துண்டைச் சுத்தியினால் பன்முறை அடித்தால் அத்துண்டிலே சூடேறுவதைக் காண்கிறோம். இங்கே நமது கண்ணுக்குப் பிரத்தியட்சமாகப் புலப்படும் சுத்தியின் இயக்க ஆற்றல் துண்டிலே வெப்ப ஆற்றலாக மாறுகின்றது. இவ்வெப்ப ஆற்றலும் துண்டினது பலவேறு அணுக்களுக்கு அதிர்ச்சியால் ஏற்பட்ட இயக்க ஆற்றலே ஆகும். ஒரு பொருளை நாம் சூடேற்றும்போது அப்பொருளிலுள்ள அணுக்களின் இயக்க வேகத்தைப் பெருக்கி அதனால் அவற்றின் இயக்க ஆற்றலை அதிகப்படுத்துகிறோம். இதுவே வெப்பத்தின் உண்மைக் காரணமாகும்.

6. நீராவி

பொருள்களின் திட, திரவ, வாயு என்னும் மூன்று நிலைகளும் ஒன்றை யொன்று தொடர்ந்தே இருக்கின்றன. சூட்டிற்குத் தக்க படி ஒரு பொருள் மூன்று நிலைகளிலும் ஒரே சமயத்தில் இருக்கலாம். உதாரணமாக நீர் 0·0071 சென்டிகிரேட் சூட்டில் பனிக்கட்டி, நீர், ஆவி என்ற மூன்று நிலைகளிலும் இருப்பதைக் கண்டிருக்கிறார்கள். சாதாரணமாகப் பொருள்கள் நீர், ஆவி என்ற இரு நிலைகளில் மட்டுமே சேர்ந்திருப்பதைக் காணலாம். இச்சேர்க்கை விகிதம் சூட்டிற்குத் தக்கவாறும், எடுத்துக் கொண்ட திரவத்தின் அளவிற்குத் தக்கவாறும் மாறும். உதாரணமாக, அறையில் ஒரு தட்டில் சிறிது ஈதர் என்னும் திரவத்தையும், மற்றொன்றில் சிறிது நீரையும் வைத்தோமானால், ஈதர் வைத்த தட்டு வெகு சீக்கிரத்தில் உலர்ந்து விடுவதைக் காண்கிறோம். இதிலிருந்து அறையின் சூட்டில் ஈதர் திரவ நிலையில் அதிக நேரம் இருக்க வியலாது சீக்கிரத்தில் ஆவியாக மாறிவிடுகிறது

என்பதை அறியலாம். இதற்கு மற்ருெரு காரணமும் உண்டு. திறந்தவெளியாகிய பவனத்திலே இவ்வாவியாக மாறுதல் நிகழ்ந்தது. இவ்வாறில்லாமல் ஒரு வரம்புக்குட்பட்ட இடத்திலே ஆவியாதல் நிகழ்ந்தால் திரவமும் அதன் ஆவியும் எப்போதும் சேர்ந்திருக்கும். உதாரணமாக, ஒரு மூடிய கலத்தினுள் ஈதரைப் பெய்து வைத்தால் திரவ மட்டத்திற்கு மேலேயுள்ள இடத்தில் ஆவி அடைபட்டு நிற்கும். ஈதரைப் போலவே எல்லாத் திரவங்களும் ஆவியாக மாறும் இயல்பைக் கொண்டிருக்கின்றன. ஆனல், இம் மாறுபாடு நிகழும் வேகம் திரவத்திற்குத் திரவம் மாறுபடும். இக்கட்டுரையில் நீரின் ஆவியைப் பற்றிய விவரங்களில் சிலவற்றைக் கவனிப்போம்.

நீராவியில், தெவிட்டிய நீராவி என்றும், தெவிட்டாத நீராவி என்றும் இரண்டு வகை உண்டு. இவற்றின் வித்தியாசத்தை அணு இயக்க வாதத்திஞல் சுலபமாக அறியலாம். பொருள்களெல்லாம் அணுக்களின் கூட்டங்களே என்றும், அணுக்களெல்லாம் பல வேறு கதிகளுடன் பல வேறு திசைகளில் ஓடிக்கொண்டிருக்கின்றன என்றும் இவ்வாதம் கூறுகிறது. ஒரு மூடிய

பாத்திரத்தினுள் நீரைப் பெய்து வைத்தால் அது ஆவியாகும்போது திரவ அணுக்கள் வாயுஅணுக் களின் தன்மையை அடைந்து, திரவமட்டத்திற்கு மேலேயுள்ள இடத்தை அடைகின்றன. மேலே யுள்ள இடம் வரையறுக்கப்பட்டிருப்பதால் இவ் வணுக்கள் நெடுந்தூரம் ஓட முடியால் தடுக்கப் படுகின்றன. சிறிது நேரத்தில் அவைகளில் சில, திரவத்தினுள் மீண்டும் நுழையக்கூடும். முதலில் திரவத்திலிருந்து வெளியேறிவரும் அணுக்கள் திரவத்தினுள் மறுபடியும் நுழையும் அணுக்களை விட அதிகமாக இருக்கின்றன. ஒரு நிலையில் இரண்டும் சமமாகிவிடும். அப்பொழுது திரவத் திற்கு மேலேயுள்ள காலியிடம் ஏற்றுக்கொள் ளக்கூடிய அளவிற்கு ஆவி அணுக்கள் நிரம்பி நிற்கும். இப்போது இந்நீராவி தெவிட்டி இருப் பதாகக் கூறப்படும். இந்நீராவி திரவப்பரப்பின் மீது தாக்கும் இறுக்கத்தைத் தெவிட்டிய ஆவி இறுக்கம் என்பார்கள். மேற்சொன்ன பரி சோதனைக்கு மாருகப் பெரிய இடத்தில் சிறி தளவு நீரை அடைத்துவைத்தால் அது முற்றிலும் ஆவியாகிவிடும். இப்போது ஆவி தெவிட்டாத நிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படும். இதன் இறுக் கத்தைத் தெவிட்டாத ஆவியின் இறுக்கம் எனக்

கூறுவார்கள். இது தெவிட்டிய ஆவி இறுக்கத்தைவிட எப்போதும் குறைவாகவே இருக்கும்.

ஆறு, குளம், ஏரி, கடல் போன்ற நீர்நிலைகளிலிருந்து நீர் சூரியவெப்பத்தால் நீராவியாக மேலே சென்று பவனத்தில் கலந்துவிடும். இதனால் பவனத்தில் எப்பொழுதும் ஓரளவு நீராவி கலந்தே இருக்கும். இவ்வாறு பவனத்தில் கலந்துள்ள நீராவியே பவனத்தின் ஈரம் எனப்படும். மனித வாழ்க்கைக்கும் புல், பூண்டு முதலிய தாவரங்கள் வளருவதற்கும் இந்த ஈரம் பெரிதும் உபயோகமாயிருப்பதால், இதனை அவ்வப்போது அளவிட ஈரமானிகள் (Hygro meters) என்ற கருவிகளை இயற்றியுள்ளார்கள். பவன சோதனை நிலையங்களிலே முறைப்படி ஈரநிலையை அளவிடுகிறார்கள். சிலநாட்களில் காலை வேளையில் பசும் புல் முதலிய தாவரங்களின்மீது பனி படிந்திருப்பதை யாரும் கவனித்திருக்கலாம். இதற்குக் காரணம் பவனத்தில் உள்ள நீராவியே. பகல் முழுவதும் பூமி, தான் உட்கொண்ட வெப்பத்தை இரவிலே இழந்துவிடுகிறது. இரவின் முற்பகுதியிலே இது முற்றிலும் முடிந்துவிட, பிற்பகுதியில் தரை குளிர்ந்துவிடுகிறது. இதனுடன் தரைக்கு

அருகிலுள்ள காற்றும் குளிர்ச்சி அடைகிறது. அதனால் பவனத்திலுள்ள நீராவி பனியாகத் தோன்றிப் புல்நுனியிலும் மற்ற தாவரங்களின் இலைகள்மீதும் படிகின்றது. இந்நிகழ்ச்சி ஏற்படுவதற்குமுன் பவனத்திலுள்ள நீராவி தெவிட்டாத நிலையில் இருந்தது. காற்றுகுளிர்ந்த வுடன் அது காற்றைத் தெவிட்டுவதற்குப் போதியதாய்விட, பனி தோன்றி, புல்மீதும் இலைகளின்மீதும் படிந்தது என்று உணரலாம்.

சாமானிய சூடுகளிலே நீரின் மேற்பரப்பில் மட்டுமே ஆவியாதல் நிகழுவதால் அதன் தெவிட்டிய இறுக்கம் பவன இறுக்கத்தைவிடக் குறைவாகவே இருக்கும். நீரின் சூட்டை அதிகரிக்க, ஆவியாகும் வேகமும் அதிகரிக்கிறது. ஏனெனில், சூட்டினுயர்வினுல் அணுக்களின் வேகம் அதிகரித்து ஆவியாதலும் விரைவிலே நிகழ்கிறது. ஒரு சூட்டை அடைந்தவுடன் திரவம் முழுவதிலும் ஆவியாதல் நிகழ ஆரம்பிக்கிறது. இப்போது ஆவியின் இறுக்கம் திரவப்பரப்பின் மேலுள்ள பவன இறுக்கத்திற்குச் சமமாகிவிடுகிறது. இந்த நிலையில் நீர் கொதிப்பதாகக் கூறப்படும். இவ்வாறு கொதித்து நீராவி வெளிவரும்போது நீராவியை நாம் கண்ணுல் பார்க்க முடி

கிறது என்று நினைக்கலாம். இது தவறு. நீராவி கண்ணுக்குப் புலப்படாது. நீராவி வெளிவரும் போது அது வெளியிலுள்ள குளிர்ந்த காற்றின் மீது மோதுவதால் குளிர்ந்துவிடுகிறது. இதனுல் அது நீர்த்துளிகளாக மாறி வெண்ணிறப் புகைபோலத் தோன்றுகிறது. இவ்வாறு தோன்றுவதற்குக் காரணம் நீராவியினின்று குளிர்ந்த நீர்த்துளிகளேயன்றி நீராவி அல்ல என்பதை இப்போழுது உணரலாம்.

நீர் கொதித்து நீராவி வெளிவரும்போது அதன் சூடு ஒரே நிலையில் நிற்கும். இந்த நிலைத் திரவப் பரப்பின்மீதுள்ள பவன இறுக்கத்துடன் மாறுபடும். உதாரணமாக, மலையின் உச்சியில் பவன இறுக்கம் கடல் மட்டத்திலிருப்பதைக்காட்டிலும் குறைவாக இருப்பதை நாமறிவோம். ஆகையினுல் நீலகிரி போன்ற இடங்களில் நீரின் கொதிநிலைச்சூடு நூறு டிகிரீ (100°) சென்டிகிரேடுக்கு மிகத் தாழ்ந்துவிடுகிறது. இதனுல்தான், அவ்விடங்களில், சமையல் பதார்த்தங்களை வேகவைக்க சிரமப்படுகிறது. இதைப்போலவே திரவத்தின்மீதுள்ள இறுக்கம் அதிகமாகும்போதும், திரவத்தின் கொதிநிலைச் சூடு உயர்ந்துவிடுகிறது.

இப்போது நீராவியின் வேறொரு முக்கிய மான உபயோகத்தைப் பார்ப்போம். வண்டித் தொடர்கள் முதலியவற்றை இழுக்கவும், ஆலை களில் பெரிய இயந்திரங்களை ஓட்டவும், மின் சார நிலையங்களில் டைனமோக்களை இயக்கவும், இன்னும் அநேக வழிகளிலும் நீராவியை உப யோகித்து வருகிறார்கள். இம்மாதிரி வேலை செய்து வரும் என்ஜின்களில், திரவத்தின் மீதுள்ள இறுக்கம் அதிகமாகும்பொழுது அதன் கொதிநிலைச்சூடு உயர்ந்துவிடுகிறது என்ற கருத்து பயன்பட்டுவருகின்றது. ஒருவித என் ஜினில் பவன இறுக்கத்தைக் காட்டிலும் பன் மடங்கு அதிகமான இறுக்கத்தில் நீராவியும் நீரும் அடைக்கப்படுகின்றன. இறுக்கம் மிக உயர்ந்திருப்பதால் நீரின் கொதிநிலைச்சூடும் அதற்குத் தக்கவாறு உயர்ந்துவிடும். என்ஜின் வேலை செய்ய கொதிகலத்தினுள் இறுத்தி அடைத்துவைக்கப்பட்ட நீராவியைச் சிறிது வெளிவிட்டுப் பீச்சான்களை இயக்குகிறார்கள். இதனால் கொதிகலத்தில் இறுக்கம் சிறிது குறை கிறது. இருந்தபோதிலும் நீர் கொதித்து ஆவி வெளிவந்துகொண்டே இருக்கிறது. ஆவி இறுக்கம் பவன இறுக்கத்திற்குச் சமமாக வரும்

வரையில் என்ஜின் வேலை செய்துகொண்டிருக்கும். மறுபடியும் கொதிகலத்தை மிகுந்த இறுக்கத்திலுள்ள நீராவி, நீர் இவற்றால் நிரப்பித் திரும்ப வேலை செய்யும்படி செய்கிறார்கள். இலகுவாக நெருப்புப்பற்றக்கூடிய இடங்களில் அபாயத்தை நீக்கும்பொருட்டு இம்மாதிரி என்ஜின்களை உபயோகிக்கிறார்கள். மற்றவகை என்ஜின்களில் நீராவியை மிகுந்த அளவில் உற்பத்தி செய்ய என்ஜின்களிலேயே பிரத்தியேகமான இடம் உண்டு. மிகுந்த இறுக்கத்துடன் வரும் நீராவியைத் தடைக்கதவுகள், கண்காணி முதலியவற்றால் கட்டுப்படுத்தி வேண்டுமென்ற வேகத்திற்குப் பீச்சான்களை இயக்கச்செய்கிறார்கள். அபாரமான நிறையையும் ஜடத்துவத்தையும் கொண்ட துலைநேமி (fly wheel) என்ற பாகத்தைக்கொண்டு பீச்சான்களின் இயக்கத்தில் ஏற்படக்கூடிய முட்டுகளை நிவர்த்தி செய்து, இயக்கத்தை ஒழுங்குபடச் செய்கிறார்கள். தற்காலம் மின்சார என்ஜின்களே நீராவி என்ஜின்களைக் காட்டிலும் அதிகமாக உபயோகப்பட்டு வருகின்றன.

3542

7. ஆற்றல்

பாய்ந்தோடும் ஆறுகளைக்கொண்டு யந்திரங்களை ஓட்டிவருகின்றோம். வீசும் காற்றைக் கொண்டு கிணற்றிலிருக்கும் நீரை இறைக்கச் செய்கின்றோம். மின்சாரத்தைக்கொண்டு டிராம் வண்டி, ரயில் வண்டி இவைகளை ஓடச்செய்கின்றோம். வெடிமருந்தைக்கொண்டு கற்பாறைகளை பிளக்கச் செய்கின்றோம். இந்நிகழ்ச்சிகளெல்லாம் விளைவதற்குக் காரணமாயிருப்பது ஆற்றல் எனப்படும். இதன் சொரூபங்களையும், இது ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றாக மாறும்போது அதற்குண்டான விதிகளையும் இக்கட்டுரையில் பார்ப்போம்.

பொருள்களின்மீது சக்தி தொழிற்பட அவற்றின் இடம் மாறும்போது அச்சக்தி வேலை (work) செய்ததாகக் கூறப்படும். இவ்வேலையினளவை, சக்தியின் வலுவையும் சக்தியின் திசையில் பொருள் நகர்ந்த தூரத்தையும் பெருக்கிக் கூறுவார்கள். ஆற்றல் என்பது பொருளின் வேலை

செய்யக்கூடியதிறமையைப் பொருத்திருக்கிறது. சக்திகளில் அநேக வகைகளுண்டு. எனவே, ஆற்றல்களிலும் பலவகையுண்டு என்று உணரலாம். எல்லாப்பொருள்களும் பூமியை நோக்கி இழுக்கப்படுகின்றன என்றும், இதற்குப் பூமியின் கவர்ச்சியே (Gravitational Force) காரணமென்றும் அறிவோம். இதன் பொருட்டு பொருள்களுக்குள்ள வேலைசெய்யும் திறமையைக் கவர்ச்சி ஆற்றல் என்பார்கள். நீர்வீழ்ச்சியின் ஆற்றல் இதற்குத் தக்கதொரு சான்ருகும். பொருள்களினுள்ளே தொழிற்படும் பலவித நெகிழ்ச்சி சக்திகளை (Elastic Forces) அறிவோம். விற்சுருள்கள் கொண்டுள்ள ஆற்றல் இதனுலேயே ஏற்பட்டதாகும். நிற்க, ஒலி ஆற்றலும் இவ்வகையைச் சேர்ந்தது என்று இவ்விடம் குறிப்பிடத்தக்கது. திரவங்களின் பரப்பின்மீது தொழிற்படும் பரப்பு இசுவி (Surface Tension)-ஞல் உண்டான ஆற்றல் மற்ருெருவகையாகும். மேலும் மின்னியல் ஆற்றல், காந்தவியல் ஆற்றல், இரசாயன ஆற்றல் என்று வேறுவகைகளுமுண்டு. சமீபத்தில் அணுக்கருவு (Nucleus of the Atom) மிகுந்த ஆற்றல் வாய்ந்திருப்பதை விஞ்ஞானிகள் சோதனைகளினுல் அறிந்திருக்கிருர்கள். கதிரியம் (Radium)

என்னும் தாதுவின் அணுக்கருவினுள்ளே பதுங்கிக் கிடக்கும் ஏராளமான ஆற்றலைக் கண்டு விஞ்ஞானிகள் திகைத்துப்போனார்கள்.

ஆற்றலின் சொரூபங்களைப் பொதுவாகக் கூறுகையில் நிலைப்பு ஆற்றல் (Potential energy) என்றும், இயக்க ஆற்றல் (Kinetic Energy) என்றும் கூறுவார்கள். இதை விளக்கச் சில உதாரணங்களைக் கவனிப்போம். தரைக்கு மேலே உயரத்தில் ஒரு பொருளிருப்பதாகக் கொள்வோம். இப்போது இதன் ஆற்றல் முழுதும் நிலைப்பு நிலையிலிருப்பதாகக் கருதப்படும். இதைக் கீழே நழுவவிட்டால் அதன் உயரம் குறைவதால் அதன் நிலைப்பு ஆற்றல் குறைந்து விடும். ஆனால் உடனுக்குடனே அதன் கதி அதிகரிப்பதால் அதற்கு இயக்க ஆற்றல் ஏற்பட்டு விடுகிறது. அது தரையைத் தொடுமுன் அதன் இயக்க ஆற்றல் உச்சநிலையை அடைகிறது. மற்றோர் உதாரணத்தைக் கவனிப்போம். வெடி மருந்தைப் பற்றவைக்காத வரையில் அது நிலைப்பு ஆற்றலைக் கொண்டிருப்பதாகக் கருதப்படும். பற்றவைத்தவுடன் அளவு மிகுந்த புகை அதினின்று வெளிப்பட, கற்பாறைகள் முதலிய பளு மிகுந்த பொருள்களையும் தூக்கி எறியக்

கூடிய இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுவிடுகிறது. ஆகையினால் தம்முடைய நிலையினாலோ அல்லது இயக்கமில்லாத வேறொரு காரணத்தினாலோ பொருள்கள் ஆற்றல் கொண்டிருந்தால் அதை நிலைப்பு ஆற்றல் என்றும், தம்முடைய இயக்கத்தினால் ஆற்றலைப் பெற்றிருந்தால் அதை இயக்க ஆற்றல் என்றும் கூறுவதை இப்பொழுது நன்குணரலாம்.

ஆற்றல் ஒரு சொரூபத்திலிருந்து மற்றொன்றுக்கு மாறும்போது சில விதிகளுக்குட்பட்டே இது நிகழ்கிறது. விஞ்ஞானிகள் இவற்றை ஆராய்ந்து ஆற்றலின் அழிவின்மை விதி (Conservation of Energy) என்றும், வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதி (First Law of Thermo-Dynamics) என்றும், வெப்ப இயக்கவியல் இரண்டாவது விதி (Second Law of Thermo-Dynamics) என்றும் வகைப்படுத்திக் கூறியிருக்கிறார்கள். சொரூப மாறுபட்டிற்குச் சில திருஷ்டாந்தங்களைக் கூறிய பின்னர் இவ்விதிகளைக் கவனிப்போம். மிகுந்த அளவில் மின்னருவி உற்பத்தி செய்யும் முறைகளை எடுத்துக்கொள்வோம். நீர் வீழ்ச்சி உள்ள இடங்களில் அந்நீரைக்கொண்டு பெரிய பல்லுருளைகளை (Tur-

bines) இயக்கி, அதனால் அவற்றுடன் இணைக்கப் பட்ட 'டைனமோ'க்கள் வேலைசெய்ய, மின்ன ருவி பெறப்படுகிறது. இங்கே நீரின் இயக்க ஆற்றல் மின்னியல் ஆற்றலாக மாறிவிட்டது. பின்னர் இதைக்கொண்டு விளக்குகளையும், அடுப்புகளையும் உபயோகிக்கும்பொழுது அதை ஒளியாற்றலாகவும் வெப்ப ஆற்றலாகவும் மாற்று கிறோம். மற்றொரு முறையில் மின்னருவி பெறப்படும் விதத்தைக் கவனிப்போம்: நிலக்கரி எளிதில் கிடைக்கக்கூடிய இடங்களில் அதைக் கொண்டு நீராவியை உண்டாக்கி, அந்நீராவி யினால் முற்கூறப்பட்ட பல்லுருளைகளை இயக்கி, அதனால் 'டைனமோ'க்கள் வேலை செய்ய, மின்ன ருவியைப் பெறுகிறார்கள். இங்கே ஆற்றல் வெப்பவியலிலிருந்து மின்னியல் சொரூபத்திற்கு மாறியது விளங்கும்.

வெப்ப இயக்கவியல் முதல் விதி எனப்படு வது ஆற்றலின் சொரூப மாறுபாட்டைப்பற்றிய தொரு விதியாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பத்தை உண்டாக்குவதற்கு வேண்டிய இயக்க ஆற்றலை இது எடுத்துரைக்கின்றது. அதாவது, இயக்க ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாகவோ அல்லது வெப்ப ஆற்றல் இயக்க ஆற்றலாகவோ

மாறும்பொழுது இரண்டிற்குமுள்ள தகவு மாருது ஒரே அளவினதாயிருக்கும் என்ற கருத்தை எடுத்துரைக்கின்றது. 1840-ஆம் ஆண் டில் ஜுல் (Joule) என்பவர் இங்கிலாந்தில் ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி இவ்விதியைக் கண்டு பிடித்தார். சில எடைகளைக் குறிப்பிட்ட உயரத் திலிருந்து கீழிறங்கச்செய்து, அது செய்கின்ற வேலையைக் கணக்கிட்டுப் பின்னர் இந்த இயக் கத்திஞல் ஒரு பாத்திரத்திலுள்ள துடுப்புகளை (Vanes)-ஐச் சுழலுமாறு செய்து, அதனுல் பாத் திரத்திலுள்ள நீரின் சூடு எவ்வளவு அதிகரித்தது என்று கண்டு, உண்டான வெப்பத்தையும் கணக் கிட்டார். பன்முறை இப்பரிசோதனையை நடத்தி இவ்விரண்டு ஆற்றல்களுக்கும் உண்டான உற வைக் கண்டுபிடித்தார். இதை முதன் முதலில் எடுத்துரைத்த பெருமை இவரைச் சார்ந்த திஞல் இவ்விதி இவரது பெயரால் விளங்கு கிறது. இவருக்குப் பின்னர் ரௌலாண்டு (Rowland) என்ற விஞ்ஞானி இதே முறையில் ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி இவற்றின் தகவை (Ratio) இன்னும் திருத்தமாகக் கண்டார். நிற்க, இக்கட்டுரையின் தொடக்கத்தில் நிலைப்பு ஆற்றலுக்கும், இயக்க ஆற்றலுக்கும் உள்ள

வேற்றுமையை எடுத்துக் காட்டுவதற்குக் கூறிய உதாரணத்தை மறுபடியும் கவனிப்போம். உயரத்திலிருந்து கல் கீழே விழும்போது அதன் ஆற்றல் நிலைப்பு நிலையிலிருந்து இயக்க நிலைக்கு மாறுவதைப் பார்த்தோம். கணக்கிட்டுப் பார்த்தால் எந்த நிலையிலும் அதன் மொத்த ஆற்றல் மாறிலியாக (Constant) இருப்பது தெரியவரும். இச்சம்பவத்திலிருந்தும் ஜூலின் விதியிலிருந்தும் ஒருண்மையை எடுத்துரைக்கலாம். இப்பிரபஞ்சத்திலுள்ள மொத்த ஆற்றல் ஒரு மாறிலியாகும். அதாவது. ஆற்றலின் சொரூபம் மாறும்பொழுது அதன் அளவு மாறுவதில்லை. இதையே ஆற்றலின் அழிவின்மை விதி என்று கூறுவார்கள். விஞ்ஞானத் துறைகள் எல்லாவற்றிலும் இவ்வுண்மை அநுஷ்டிக்கப்படுவதை உணர்ந்தார்கள்.

இவ்வழிவின்மை விதியுடன் கெல்வின் (Kelvin) என்ற பிரபல விஞ்ஞானி எடுத்துரைத்த வெப்ப வியக்கவியல் இரண்டாவது விதியும் சேர்த்துக் கூறவேண்டியிருக்கிறது. உதவியின்றி வெப்பம் தாழ்ந்த சூட்டிலிருந்து உயர்ந்த சூட்டிற்குச் செல்லாது என்பதே இவ்விரண்டாவது விதியாகும். இதில் ஏதும் புதிது

ஒன்றுமில்லை. மட்ட வேற்றுமை யன்றி நீர் பாயாது. அதுபோலவே மட்ட வேற்றுமை யன்றி ஆற்றலும் செல்லாது. இவ்வாறு ஆற்றலை மாற்றும்போது சிறிது பாகம் ஒவ்வொரு தடவையும் பிரயோஜன மற்றதாக ஆகிக் கொண்டே வருகிறதென்றும், அதனல் மாறக் கூடிய ஆற்றல் வரவர குறைந்து வருகிறதென்றும், முடிவில் ஆற்றல் முழுதும் பிரயோஜன மற்ற நிலைக்கு வந்துவிடுமென்றும், அப்பொழுது பூமியில் ஒன்றும் நிகழாது என்றும் இவ்விரண்டாம் விதிவை விரிவுபடுத்திக் கெல்வின் எடுத்துக் காட்டினர். ஆகையினல் ஆற்றலின் அழிவின்மை விதியைக் கூறும்பொழுது ஆற்றலின் சொரூபம் மாறினல் சிறிது பாகம் பிரயோஜன மற்றதாகி விடுகிற தென்ருலும் மொத்த ஆற்றல் மாறிலியாக இருக்கும் என்று எடுத்துரைக்க வேண்டும்.

கடைசியாக, பிரபஞ்சத்திலுள்ள ஆற்றல் முழுமைக்கும் மூலகாரணத்தைப்பற்றிச் சிறிது விசாரிப்போம். பூமியில் தோன்றும் எல்லா வகை ஆற்றல்களும் ஞாயிறின் கிரணங்களின் விளைவே என்று அறியலாம். சூரியனது கிரணங்களினல் பூமியின் மேற்பகுதியும், அருகிலுள்ள

பவனமும் பலவேருகச் சூடேறுவதால்தான் காற்று வீசுவது, அடிப்பது எல்லாம் உண்டாகிறது. மேலும் சூரிய கிரணங்களினுல்தான் மேகங்கள் ஈரத்தைப் பெற்று அதை மழையாகப் பொழிந்து ஆறுகள், குளங்கள் நிரம்புவது சாத்தியமாகிறது. நீராவி யந்திரங்களுக்குவேண்டிய நிலக்கரி சூரியனது ஆற்றலின் சிறிது பகுதியை அதனுள் அடக்கி வைத்திருந்ததனுல்தான் நீராவியை அடைகிருேம். மனிதனது செய்கைகள் அனைத்திற்கும் காரணம் அவன் உண்ணும் உணவே. உணவுப்பொருள்களெல்லாம் சூரிய கிரணங்களின் சக்தியினுல் ஏற்பட்டனவே யாகும்.

8. ஒலியும் கட்டிடங்களும்

'ஆடத் தெரியாத தேவடியாளுக்கு முற்றம் கோணல், பாடத் தெரியாத வித்வானுக்கு கட்டிடம் கோணல்' என்று வழங்கி வரும் வார்த்தைகள் வெறும் வார்த்தைகளல்ல. முன்னதை ஒப்புக்கொள்ளச் சந்தேகப்பட்டாலும் பின்னதை ஒப்புக்கொள்வதற்குக் காரணங்களிருக்கின்றன. அமெரிக்கா முதலிய நாடுகளில் பேசுவதற்கும், சங்கீதத்திற்கும், பேசும் படங்கள் காண்பிப்பதற்கும் பிரத்யேகமாகக் கட்டிடங்கள் அமைக்குமுன் சப்தம் நன்ருகக் கேட்பதற்குரிய நிபந்தனைகளை அநுசரித்து அவை கட்டப்படுகின்றன. நம்நாட்டில் சமீப காலமாகப் பொது ஜனங்களிடையில் சங்கீத அறிவு வெகுவாகப் பரவி இருப்பதை எல்லோரும் அறிவார்கள். இதற்கு முக்கிய காரணம் பேசும் படங்கள் எல்லா இடங்களிலும் காட்டப்படுவது என்று அறியலாம். சீக்கிரத்தில் ஒவ்வோர் ஊரிலும் இதற்கென்று கட்டிடம் ஏற்படலாம். இதை

உத்தேசித்தும், அரசியல் சம்பந்தமாக அடிக்கடிப் பொதுக்கூட்டங்கள் ஆங்காங்கு நிகழ்வதை உத்தேசித்தும் இனி கட்டப்போகும் கட்டிடங்களை அவைகள் ஒலிகளைக் கெடுக்காத வகையில் கட்டவேண்டும். தற்போது உபயோகப்பட்டு வரும் கட்டிடங்களில் குறைகளிருந்தால் அவைகளை ஒருவாறு நிவர்த்தி செய்யலாம். ஆனால் இம்முறை அவ்வளவு சிறந்ததல்ல. தென்னிந்தியாவில் லக்ஷக்கணக்கான ரூபாய் செலவில் அநேகம் கோவில்கள் கட்டப்பட்டிருக்கின்றன. அவைகள் எல்லாவற்றிலும் பெரிய மண்டபங்கள் உண்டு. உதாரணமாக சிதம்பரம், திருவாரூர் கோவில்களிலுள்ள ஆயிரக்கால் மண்டபங்களைப் பற்றி யாவரும் கேட்டிருக்கலாம். ஒலி சம்பந்தமாக உள்ள கெடுதல்களை நிவர்த்தி செய்து இவைகளை நாம் பொதுக் கூட்டங்களுக்கு உபயோகப்படுத்திக்கொள்ளலாம்.

கட்டிடங்களில் ஒலி சம்பந்தமாயுள்ள கெடுதல்களைக் கவனிக்குமுன் ஒலியைப்பற்றிய சில விஷயங்களை நோக்குவோம். சிறிது யோசித்துப் பார்த்தால் ஒலிகளெல்லாம் துடிக்கும் பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன என்பது தெரிய

வரும். உதாரணமாக, வீணையின் கம்பி துடித்தே ஒலியை உண்டாக்குகிறது என்று காணலாம். அவ்வாறு கேட்கும் ஒலிக்குச் சுருதி ஒன்று உண்டு. அது துடிப்பு வேகத்தைச் சார்ந்தது. துடிப்பு அதிகமானால் சுருதி உயரும். துடிப்பு குறைந்தால் சுருதி குறையும். ஒரு செகண்டிலே ஏற்படும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கையை அடுக்கம் (Frequency) என்று கூறுவார்கள். சுருதி இதைக் குறிக்கும். ஒலி தோன்றுமிடத்திலிருந்து நமது காதுக்கு எட்டவேண்டுமானால் நடுவிலே ஒரு பதார்த்த யானம் (Material. Medium) இருக்கவேண்டியது அவசியம். காற்றே சாமானியமாய் எங்கும் ஒலி பரவுவதற்கான யானமாகிறது. ஒலி எழுப்பும் ஒரு பொருள் துடிக்கும் போது அது முன்னும் பின்னுமாக ஆடுகிறது. அதனால் அது தன்னை அடுத்துள்ள காற்று படத்திலே நெருக்க விலக்கங்களை (Condensation and rarefaction) மாறி மாறி ஏற்படுத்துகிறது. இதனால் இயக்கப்பட்ட காற்றுத் துகள்கள் தம்மை அடுத்துள்ள காற்றுத் துகள்களை இயக்குகின்றன. இதன் பொருட்டு மேற்கூறிய நெருக்க விலக்கங்கள் மாறி மாறி முன்னேக்கிச் செல்லுகின்றன. அதாவது, காற்றில் ஒலி அலை

கள் பரவுகின்றன. இவை கேட்போனுடைய காதினுள்ளே நுழைந்து அங்குள்ள சவ்வுத் தோலை (Tympanum) முன்னும் பின்னுமாக மாறி மாறி அசைக்கின்றன. இந்த அசைவே சில சிறிய எலும்புகளின் வாயிலாகக் கேள்வி நரம்புகளுக்குச் (Auditory nerves) சென்று அவற்றின் மூலமாக மூளைக்கு ஒலியின் உணர்ச்சியைத் தெரிவிக்கின்றன.

உயர்ந்த சுவர்களின்மீதும், பெரிய மலைப் புறங்களிலும், பெரிய நீர் நிலைகளின் பரப்பு மீதும் ஒலி பிரதி பலனம் நிகழ்கிறது என்பதை நாம் அநுபவத்தில் அறிகிறோம். எதிரொலியின் நிகழ்ச்சி ஒலியின் பிரதி பலனத்தினலேதான் ஏற்படுகிறது. நேராக வரும் ஒலி நமது காதில் படுவதற்கும் பிரதி பலித்து வந்த ஒலி படுவதற்கும் இடைப் பட்ட நேரம் வீசம் செகண்டிற்கு மேற்பட்டால் இரண்டு ஒலிகளையும் நன்ருக வெவ்வேருகப் பிரித்து அறியலாம். இதுவே எதிரொலி (Echo) எனப்படும். மேலும் பிரதி பலனத்திற்குக் காரணமாயுள்ள பரப்பு கோள வடிவமாக இருக்கும் பக்ஷத்தில் பிரதிபலித்து வரும் ஒலி ஓரிடத்தில் சென்று குவியும். கிறிஸ்துவர்கள் மாதா கோவிலில் ஒரு தனித்த இடத்தில் தங்களுடைய

குற்றங்களைப் பாதிரிமாரிடம் சொல்லி மன்னிப் புப் பெறுவது வழக்கம் என்றும், அதை நெடு நாள் ஒருவன் மற்றோர் இடத்திலிருந்து திருட் டுத்தனமாகக் கேட்டுச் சந்தோஷப்பட்டு வந்தா னென்றும், அப்படியிருக்க அவன் தன் மனை வியே ஒரு நாள் அவள் குற்றங்களைச் சொல்லு வதைக் கேட்டு வெட்கி அது முதற்கொண்டு அப்படிச் செய்வதைவிட்டு விட்டானென்றும் ஒரு கதை சொல்வதுண்டு. அது நிஜமாக இருக் கும் பக்ஷத்தில் சமீபத்திலிருந்த ஒரு கோளப் பரப்பில் பிரதி பலனம் ஏற்பட்டு அவன் ஒளிந்து கேட்டவிடத்தில் அந்த ஒலி குவிந்திருக்க வேண்டுமென்று தெரிகிறது.

ஒரு பொருள் தானுகத் துடிக்காமல் ஒரு தூண்டுதலுக்குட்பட்டுத் துடிக்கலாம். இந்த நிலையிலே உடனியக்கம் (Resonance) என்னும் நிகழ்ச்சி தோன்றலாம். இதை அன்றுடவாழ்க் கையில் சம்பவிக்கும் சில நிகழ்ச்சிகளைக் கொண்டு அறியக்கூடும். படகிலே உட்கார்ந் திருக்கும் ஒரு மனிதன் ஒரு புறமாகச் சாய்ந்தும் படகு அந்தப் பக்கத்திலே சிறிது சாய்ந்து மீளும் போது எதிர்ப் புறமாகச் சாய்ந்தும், இவ்வாறு தக்கபடி ஆடிப் படகிலே பெரிய அசைவை எற்

படுத்தி இறுதியிலே படகைக் கவிழ்த்துவிட வும் கூடும் என்பதை அறியலாம். இது ஒரு சான்றுகும். படை வீரர்கள் பாலங்களைக் கடந்து செல்லும்போது அவர்களுடைய அளவொத்த நடையை விட்டுக் கலைந்து போகும்படி உத்திரவிடப்படுவார்கள். ஏனெனில் படை வீரர்கள் கிரமமாக எடுத்து வைக்கும் அடிகளின் அடுக்கமும், பாலத்திற்கு இயற்கையாக அமைந்த அடுக்கமும் அகஸ்மாத்தாக ஒன்று படும்படி நேரிட்டால், உடனியக்கத்தால் பாலத்திலே பெரிய ஆட்டம் ஏற்பட்டு அதனுல் ஆபத்து நேரக்கூடும். இவ்வாறே ஒரு தொங்கு பாலம் விழுந்து ஆபத்து நேர்ந்ததென்ற செய்தியொன்றையும் கேட்டிருக்கிறோம். இன்னும் ஓர் உதாரணம் கூறுவோம். ரயில்வே தண்டவாளங்கள் கோடை காலத்தில் விரிய இடங் கொடுப்பதற்குச் சிறிது இடைவிட்டுப் போடப்பட்டிருப்பதை யாவரும் கவனித்திருக்கலாம். புகை வண்டியின் சக்கரங்கள் இவ்விடை வெளிகளின் மீது போகும்போதெல்லாம் வண்டி குதித்துக் குதித்துச் செல்லும். இந்த அசைவு சக்கரங்களுக்கு மேலேயுள்ள விற்சுருள்களால் உறிஞ்சிவிடப்படுவது வழக்கம். இதனுல் வண்டி அதிக

மாக ஆட்டங்கொடுப்பதில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்திலே வண்டி செல்லும்போது அடுத்தடுத்துள்ள இக்குறிப்புகளின் அடுக்கம் மேலே கூறிய விற்சுருள்களின் அடுக்கத்தோடு ஒத்துப் போவதுண்டு. இதன் பயனாக உடனியக்கம் நேரிட்டு வண்டி அதிக ஆட்டங்கொடுக்கும். இதைக் கவனித்து வண்டி ஓட்டுபவன் அதன் வேகத்தைச் சிறிது மாற்றி ஆட்டத்தைக் குறைத்து விடுவது வழக்கம். இம்மாதிரி காற்று நிரைகளிலே உடனியக்கம் தோன்றும்போது அதிக முழக்கத்துடன் ஒலி வெளி வரும்.

ஒரு காலி அறையில் ஒருவர் பேசினால் அவ்வொலி ஆற்றல் நாற்புறமும் அலைகளாக அவரைச் சுற்றிப் பரவும். அவ்வலைகள் சுவர்களையும் கூரையையும் மோதும். அதனால் அவைகளில் பிரதிபலனம் ஏற்பட்டுப் பெரும் பகுதி திரும்பும். சிறிது பாகம் சுவர்களால் உறிஞ்சி விடப்படும். அவைகளின் மூலம் வெளியேயும் சிறிது செல்லலாம். இம்மூன்று விதங்களிலும் தனித் தனியே எத்தனை பாகம் செலவழியும் என்பது சுவர்களின் அமைப்பையும் கனத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. இப்பொழுது முக்கியமாகப் பிரதிபலனம் ஆகும் ஆற்றலையே கவனிப்போம். ஒலி காற்றில்

ஒரு செகண்டிற்கு சுமார் ஆயிரத்து நூற்றிருபது (1120) அடி வீதம் பரவுவதால் அநேக பிரதிபல னங்கள் ஏற்பட்டு நிமிஷத்தில் அறை முழுவதும் ஒலி அலைகள் நிரம்பி நிற்கும். சுவர்கள் அழுத்த மாகவும், மேற்பரப்பு மிருதுவாகவும் இருக்கும் பக்ஷத்தில் பிரதிபலனத்தினால் சப்தத்தில் சேதமே ஏற்படாமல் நெடு நேரம் வரையில் ஒலி கேட்டுக் கொண்டிருக்கும். இம்மாதிரி கேட்பதை எதிர் முழக்கம் (Reverberation) என்று சொல்லுவார் கள். காலி வீடுகளிலும் கோவில்களினுள்ளும் இந்த அநுபவத்தை நாம் சுலபமாகக் காணலாம். பேசுவதை நிறுத்திய பின்னர் ஒலி முழுதும் அடங்குவதற்குண்டான நேரம் எதிர் முழக்கத் திற்குரிய காலம் (Time of Reverberation) என்று கொள்ளப்படும். எதிர்முழக்கம் அதிகமாயிருக் கும் பக்ஷத்தில் கேட்போர்களுக்கு ஒன்றும் விளங் காது. ஏனெனில், பேச்சினாலுண்டாகும் அலைகள் ஒன்றன் பின் ஒன்றாகத் தோன்றி உடனே மறை யாமல் நிலைத்திருப்பதால் முன் பின் உரைத்த வார்த்தைகள் ஒன்றோடொன்று பல படக் கலந்து ஒரே கூச்சலாகக் கேட்பவர்கள் காதிற்படும்.

ஓர் அறையோ அல்லது மண்டபமோ சப்தக் கட்டாக இருக்கவேண்டுமென்றால் அதில்

சாதாரண முழக்கத்தோடு ஏற்பட்ட ஒலி சில இடங்களில் குவியாமல் எல்லா இடங்களிலும் ஒரே சீராக வியாபித்து எதிரொலி, உடனியக்கம், எதிர் முழக்கம், இவைகள் இல்லாமல் கேட்க வேண்டும். மேற்கூறிய கெடுதல்களில் அதிகத் தொந்திரவு கொடுக்கக் கூடியது எதிர் முழக்கம். இது சம்பந்தமாக நம்முடைய அறிவை விருத்தி செய்தவர் அமெரிக்கா தேசத்து விஞ்ஞானியான டபிள்யூ. ஸி. ஸாபைன் (W. C. Sabine) என்பவர். இவர்தான் முதன்முதலில் கட்டிடங்களின் ஒலி நூல் நிபுணர் என்று பெயரெடுத்து வழங்கிவந்தார். இவர் அமெரிக்காவிலுள்ள பல கட்டிடங்களைத் திருத்தி அமைத்திருக்கிறார்.

எதிரொலி சாதாரணமாகச் சிறு கட்டிடங்களிலும், மண்டபங்களிலும் ஏற்படாது; பெரிய கட்டிடங்களில்தான் உண்டாகும். ஏனெனில், நேராகவரும் ஒலி நமது காதிற் படுவதற்கும், பிரதி பலித்துவந்த ஒலி படுவதற்கும் இடையிலுள்ள நேரம் வீசம் செகண்டிற்கு அதிகமாயிருந்தால்தான் எதிரொலி நன்றாகக் கேட்குமென்று முன்பு பார்த்தோம். அதாவது, இரண்டு ஒலிகளையும் வெவ்வேறாகக் கேட்கவேண்டுமென்றால் நாம் சுவரிலிருந்து சுமார் முப்பத்தைந்து

(35) அடிக்குமேல் உள்ள தூரத்திலிருந்து சப்தம் செய்ய வேண்டும். ஆகையினால் அகல நீளம் எழுபது (70) அடிக்குக் குறைவாகவிருக்கின்ற அறைகளில் எதிரொலி ஏற்படாது. அப்படி ஏற்பட்டால் எவ்விடத்தில் பிரதிபலனத்தால் ஒலி உண்டாகிறதோ அங்கே மோதும் ஒலியின் பெரும் பகுதியை உறிஞ்சுதற்குரிய சாதனத்தைச் செய்து இந்தக் கெடுதலை நிவர்த்தி செய்யலாம். மற்றொருவழியும் உண்டு. மோதுமிடத்தில் சுவரைச் செதுக்கி அவ்விடத்திலிருந்து திரும்பும் ஒலியை நாலாபக்கங்களிலும் சிதறும்படியாகச் செய்யலாம். ஒலி சில இடங்களில் சென்று குவிவதைக் கண்டால் அது சுவர்களின் பரப்பினாலா அல்லது கூரையின் வாட்டத்தினாலா என்று முதலில் அறியவேண்டும். அறிந்த பின் இந்த இடங்களில் மேற்கூறிய சிகிச்சையைச் செய்து அக்கெடுதலை நிவர்த்தி செய்யலாம். சமதளப் பரப்பைக் கொண்ட சுவர்களையும் கூரையையும் பெற்ற அறைகளோ அல்லது மண்டபங்களோதான் ஒலி சம்பந்தமாக சிலாக்கியமானவைகள். பிரதிபலனத்தினால் ஏற்படும் மேற்சொன்ன குறைகளைக் கண்டுபிடிப்பதற்குச் சிறு அளவில் அக்கட்டிடத்

தைப்போல் மரத்தில் செய்து, அதில் ஒலியை உண்டு பண்ணி, அலைகளின் போக்கைப் படமெடுத்து அநேக கட்டிடங்களைப் பரீக்ஷை செய்து பார்த்தார் மேற்சொன்ன Sabine என்பவர். இரண்டாவதாகக் குறிப்பிடப்பட்ட உடனியக்கம் என்பது அறையில் ஏற்படின் அதனால் சப்தத்தின் பண்பு மாறுதலை அடையும். இவ்வியக்கம் ஏற்படுவதற்கு அநேக வழிகள் உண்டு. முதலில் அறையிலிருக்கும் காற்றில் உடனியக்கம் ஏற்படலாம். அறையிலிருக்கும் பொருள்களிலும் உடனியக்கம் உண்டாகலாம். உதாரணமாக, அறை மெல்லிய அடைப்புகளால் அமைக்கப்பட்டிருந்தால் அவைகளில் உடனியக்கம் சுலபமாக ஏற்படும். இக்கெடுதல் சாதாரணமாக நிகழ்வதில்லை. அப்படி ஏற்பட்டால் அதை நிவர்த்தி செய்வது நலம்.

எதிர் முழக்கம் அதிகமாக உண்டாகும் காலி வீடுகளில் பண்டங்கள் நிரப்பியவுடன் அது மறைவதை எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். ஏனெனில் ஒலி அலைகள் சுவர்கள், கூரை இவைகளன்றி அறையினுள்ள எல்லாப் பொருள்களிலும் மோதும். அவ்வாறு மோதுண்டு பிரதிபலனம் அடையும்பொழுது வெகுவாகப் பொருள்

களினால் உறிஞ்சிவிடப்படும். அதனால் ஒலி சீக்கிரம் மறைய நேரிடுகிறது. இது சம்பந்தமாக முன்சொன்ன விஞ்ஞானி அநேக வருஷங்கள் ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி ஒரு முடிவைக் கண்டறிந்தார். அதாவது, ஓர் அறையில் எதிர் முழக்கம் ஏற்படும்போது, அது நிகழும் காலம் அறையின் பருமனையும், பொருள்களின் பரிமாணத்தையும், அவைகளின் உறிஞ்சும் தன்மையையும் (Absorption Co-efficient) பொறுத்திருக்கிறதென்று கண்டுபிடித்தார். குறிப்பிட்ட பருமன் கொண்ட ஓர் அறையில் எதிர் முழக்கம் அதிகமாக ஏற்பட்டால், அதில் மெத்தை, நாற்காலிகள், ஸோபாக்கள் அல்லது வெறும் நாற்காலிகள் முதலியவற்றை அதிகமாகப் போடச் செய்து அது குறையும்படி செய்தார். மேலும் ஜன்னல்கள் எல்லாவற்றையும் திறந்து வைக்கும்போதும் எதிர் முழக்கம் குறைவதைக் கண்டார். எந்த அளவு குறைக்க வேண்டுமென்பது எதன் பொருட்டு அறையை உபயோகப்படுத்துகிறோமோ அதைப் பொறுத்திருக்கிறது. உதாரணமாக, சங்கீதக் கச்சேரிகள் நிகழும் அறைகளிலோ மண்டபங்களிலோ எதிர் முழக்கத்தை அதிகம் குறைக்கவேண்டியதில்லை. ஏனெனில்,

அது சிறிதளவு இருப்பின் சங்கீதத்தின் இனிமையை அதிகப்படுத்தும். மேற்சொன்ன விஞ்ஞானி, கட்டிடங்களைத் திருத்துமுன் எந்த அளவு எதிர் முழக்கம் இருந்தால் சங்கீதத்திற்கு இனிமையைத் தரும் என்பதை நிர்ணயிக்கப் பல சங்கீத வித்வான்களின் அபிப்பிராயத்தை அறிந்து, அறையின் எதிர் முழக்கப் பொழுதைக் கண்டுபிடித்தார். இதிலிருந்து எல்லாப் பொருள்களின் உறிஞ்சும் பான்மையை அறியவேண்டிய அவசியத்தை உணரலாம். இவர், ஒரு சதுர அடிப்பரப்புகொண்ட திறந்த ஜன்னலை அலகாக(unit)க்கொண்டு மற்றப் பொருள்களின் உறிஞ்சும் பான்மைகளைக் கண்டுபிடித்தார். ஒரு சதுர அடியுள்ள சாதாரண கம்பளியின் திறமை மேலே கண்ட திறந்த ஜன்னலின் திறமையில் சுமார் நாலில் ஒரு பாகமாக விருப்பதைக் கண்டார். உறிஞ்சும் விஷயத்தில் ஒரு வளர்ந்த மனிதன் சுமார் நாலரைச் சதுர அடி ஜன்னலுக்குச் சமம் என்று அறிந்தார். ஒரு பெரிய ஹாலில் ஜனங்கள் நிறைய இல்லாவிடில் கச்சேரி சோபிக்கிறதில்லை என்பதை நாமறிவோம். அது கொள்ளக்கூடிய அளவு கூட்டமிருப்பின் கச்சேரி எடுத்துக் காட்டுவதையும் நாம் அறிவோம்.

இது எதனால் ஏற்படுகிறதென்பதை இப்பொழுது அறியலாம். பொருள்களின் உறிஞ்சும் பான்மையை அறிந்தபின் அறையின் பருமனுக்கும், இருக்கவேண்டிய எதிர் முழக்கப் பொழுதிற்கும் தகுந்தவாறு, அதில் பொருள்களை இட்டுப் பல கட்டிடங்களை மேற்சொன்ன விஞ்ஞானி திருத்தியமைத்தார். இவர் கையாண்ட முறைகள் எல்லாத் தேசங்களிலும் பயன்பட்டு வருகின்றன.

பாடகர்கள் அனைவரும் முதலில் சாரீரத்திற் கென்று உள்ள உறுப்பை அறியவேண்டும். கிராமபோனில் புனல் வாயினடியில் "இசைக்

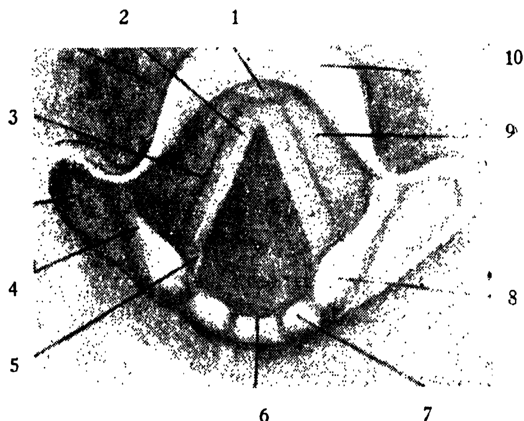


Fig.

(Vocal cord)

(1) Eminence of Epiglottis. (2) Vocal cord. (3) Ventricle of the larynx. (4) Ary-Epiglottic fold. (5) Arytaenoid cartilage. (6) Posterior. (7) Santorini cartilage. (8) Wrisberg cartilage. (9) False vocal cord. (10) Epiglottis.

கூடு" (Sound Box) இருப்பதைப்போல் மனிதனது தொண்டையில் "லாரிங்ஸ்" (Larynx) என்று சொல்லப்படும் பேசும் பெட்டி அமைந்

திருக்கிறது. இது வாய்க்குள் சுவாசப்பைக்குச் செல்லும் காற்றுக் குழாயின் மேல்பாகமாக அமைந்துள்ளது. ஆகையினால் நாம் சுவாசிக்கும் காற்று இதன் மூலமாகத்தான் சுவாசப்பைக்குச் செல்லவோ அல்லது அதிலிருந்து வெளிவரவோ வேண்டும். இதன் அமைப்பு ஒரு முக்கோண வடிவமாக இருக்கும். அம் முக்கோணத்தின் ஒரு முனை வெளியில் சிலருக்கு நன்ருக நீட்டிக்கொண் டிருப்பதை அவர்களின் கழுத்தை நோக்கத் தெரியவரும். இதைக் குரல்வளை என்று சொல்லு வது வழக்கம். ஆங்கிலத்தில் இதை "ஆதமுடைய ஆப்பிள்" (Adam's apple) என்று சொல்லு வார்கள். மேற்சொன்ன பேசும் பெட்டியி னுள் "தொண்டை நாண்கள்" (Vocal cords) என்ற இரண்டு பிசுவான சன்னத் தோல் கள் இருக்கின்றன. இவை பக்க வாட்டத் தில் தசைகளினால் இழுக்கப்பட்டுக் காற்றுக் குழாயின் துவாரத்தைக் கதவுகள்போல மூடிக் கொண்டிருக்கின்றன. இவைகளின் உதவியால் தொண்டை நாண்களை வேண்டுமென்றபடி கட்டுப்படுத்த முடியும். "லாரின்ஜாஸ்கோப்" (Laryngoscope) என்ற ஒரு கருவியைக் கொண்டு இந் நாண்களின் அமைப்பையும், அது

சுவாசிக்கும்பொழுது இருக்கும் மாதிரியையும் அறிந்தார்கள். இவைகளுக்கு இடையே ஏற்படுகிற சந்தை "குரல்வளைவாய்" (Glottis) என்று சொல்லுவதுண்டு. நாம் பேசாமல் இருக்கும்பொழுது இச்சந்து V வடிவமாக இருக்கும். அதன் முனை முன்னுக்கு வந்திருக்கும். நாம் பேச யத்தனிக்கும்பொழுது அச்சந்து சிறியதாகி விடும். நாம் ஆகாரம் உட்கொள்ளும்போது அது தவறிக் காற்றுக் குழாயின் வழியாகச் செல்ல முயன்றால் உடனே மூச்சுத் திணறுவதை எல்லோரும் அநுபவித்திருக்கலாம். ஏனெனில், அப்பொழுது தொண்டை நாண்கள் நன்றாக நெருங்கிவந்து காற்று விடுவதற்குச் சிறிதும் வழிவிடாமல் மூடிக்கொண்டுவிடுகிறது. உடனே மூச்சுத் திணறுதல் உண்டாகிறது.

இனி ஒரு சங்கீத வாத்தியத்திற்கு முக்கியமாய் இருக்கவேண்டிய பாகங்களையும், அவைகள் நம்முடைய சாரீரத்தைப் பொறுத்தவரையில் அமைந்திருக்கும் விதத்தையும் பார்ப்போம். வாத்தியங்களில் அநேக விதங்களிருக்கின்றன. அவைகளை ஆராயுங்கால் அவைகளில் சில முக்கிய உறுப்புக்கள் இன்றியமையாதனவாக இருக்க வேண்டுவதை அறியலாம். முதலில் ஒலியை

எழுப்புவதற்கு எல்லா வாத்தியங்களிலும் ஒரு சாதனம் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். உதாரணமாக, கம்பிகளின் அசைவை ஆதாரமாகக் கொண்ட வீணை, பிடில், தம்பூரா வாத்தியங்களையும், காற்றின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட புல்லாங்குழல்போன்ற வாத்தியங்களையும், நீடுகளின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட நாகசுரம், ஹார்மோனியம் முதலிய வாத்தியங்களையும், மற்றும் தோல்களின் அசைவை ஆதாரமாகக்கொண்ட கஞ்சிரா, மிருதங்கம்போன்ற வாத்தியங்களையும் எல்லோரும் அறிவார்கள். அவ்வாறு ஏற்படும் ஒலியை அதிகப்படுத்திக் கொடுக்க ஒவ்வொரு வாத்தியத்திலும் ஒரு சாதனம் இருப்பதையும் அறியலாம். உதாரணமாக, வீணையிலிருந்து வரும் சப்தத்தை அதன் குடம், தண்டி முதலிய பாகங்கள் பெருக்கி அனுப்புகின்றன. கடைசியாக மேளகர்த்தாக்களின்படி ஸ்வரங்களை வாசிப்பதற்குண்டான சாதனத்தை வாத்தியங்களில் கவனிக்க வேண்டும். வீணையில் மெட்டுக்கள் என்று சொல்லப்படும் சிறு உலோகத் துண்டுகளைத் தண்டியின்மேல் பொருத்தி வைத்திருப்பதை எல்லோரும் பார்த்திருக்கலாம். கம்பிகளை

வலது கை விரல்களின் நகங்களைக்கொண்டு மீட்டி, இடது கை விரல்களினால் மெட்டுக்களின் மேல் செல்லும் கம்பிகளை அமுக்கித் தேய்த்து, மேளகர்த்தாக்களின்படி ஸ்வரங்கள் வாசிக்கப் படுகின்றன. இவ்வாறாக ஒவ்வொரு வாத்தியத் திலும் ஒலியெழுப்புவதற்கு ஒரு துடிக்கும் பொருளும், ஒலியைப் பெருக்குவதற்கு ஒரு சாதனமும், மேளங்களின்படி ஸ்வரங்களை வாசிப்பதற்கு மற்றொரு சாதனமும், அமைந் திருக்க வேண்டுவதன் அவசியத்தை இப் பொழுது அறியலாம்.

நாம் பேசவோ அல்லது பாடவோ யத்தனிக் கும்பொழுது தொண்டை நாண்கள் நெருங்கிவர இடையில் சந்து ஒன்று ஏற்படுகிறது. அப் பொழுது சுவாசப்பையிலிருந்து வெளிவரும் காற்று அவைகளை அசைக்க அதனால் சப்தம் உண்டாகிறது. அதாவது சுவாசப்பை துருத்தி யைப்போலக் காற்றை அனுப்புவதால் அக் காற்று தொண்டை நாண்களை விடாமல் அசையச் செய்து சப்தத்தை உண்டுபண்ணுகிறது என்பது தான் கருத்து. பிற்பாடு அவ்வாறு ஏற்பட்ட அசைவு தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலான இடங்களில் உள்ள காற்றினால் பலப்படுத்தப்

பட்டு வெளிக்காற்றில் ஒலியாகப் பரவுகிறது. அவ்வாறு வெளிவரும் சப்தத்தின் முழக்கம் உள்ளிருந்து நாண்களின்மீது மோதும் காற்றின் வலுவைப் பொறுத்திருக்கிறது. அதிர்ச்சி யளவோ நாண்களின் நெகிழ்ச்சியையும், பிகு வையும் பொறுத்தது. இப்பொழுது நமது பேசும் பெட்டியை வாத்தியங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கத் தொண்டை நாண்கள் துடிக்கும் வஸ்துக்களாகவும், வாய், மூக்கு முதலிய பாகங்கள் ஒலியைப் பெருக்குவதற்குண்டான சாதனங்களாகவும் இருப்பதை அறியலாம். ஸ்வரங்கள் உச்சரிக்கும் விஷயத்தில் சிலர் இதைக் கம்பி வாத்தியமாகவும், மற்றும் சிலர் ரீடு வாத்தியமாக வும் கருதுகிறார்கள். அதாவது தொண்டை நாண்களை வீணை, பிடில் கம்பிகளைப்போல நம்மிஷ்டப்படி தசைகளின் உதவியினால் அசையும் நீளத்திலும், பிகுவிலும் முறையாக மாற்றுவதால், வேண்டுமென்றபடி ஸ்வரங்களை உச்சரிக்க முடிகின்றது என்று அபிப்பிராயப் படுகிறார்கள். மற்றும் சிலர், நாகசுரம், ஓபோ முதலிய இரட்டை ரீடுவாத்தியங்களுடன் ஒப்பிட்டு அதுபோல இவ்விடமும் பல சுருதிகளில் ஒலியெழுப்ப முடிகின்றது என்று நினைக்கிறார்

கள். நவீன ஆராய்ச்சிக்காரர்கள் தொண்டை நாண்களின் வழியாகக் காற்று வெளிவரும்போது காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு அதன் பொருட்டுச் சப்தம் உண்டாவதாகக் கருதுகிறார்கள். இதற்குத் தந்தி மரங்களின் அடியில் கேட்கும் சப்தத்தைச் சான்றாகக் கூறுகிறார்கள். முடிவாகப் பார்க்கையில் கம்பி வாத்தியம், ரீடு வாத்தியம் ஆகிய இரண்டு உபமானங்களும் பொருந்தும் என்று சொல்லவேண்டும்.

சிறுவயதில் தொண்டை நாண்கள் சிறியனவாகவும், மெல்லியனவாகவும் இருப்பதால் சாரீரத்தின் சுருதி அதிகமாகவிருக்கிறது. ஒவ்வொருவனுக்கும் சுமார் 17, 18-ஆவது வயதில் தொண்டை 'உடைகிறது' என்று சொல்லுவதைக் கேட்டிருப்பீர்கள். அதன் கருத்து என்னவென்றால் ஒவ்வொருவனும், இளமைப் பருவத்தை அடையும்பொழுது, அவனுடைய அங்கங்கள் எல்லாம் முதிர்ந்து அவன் மனிதனாக ஆகிறான். அதை யொட்டி அவன் தொண்டை நாண்களும் பருமனும், நீட்சியும் அடைகின்றன. அதனால் அவனுடைய இயற்கைச் சுருதி குறைகின்றது. அதைத்தான் தொண்டை உடைகிறது என்று சொல்லுவது வழக்கம். ஸ்திரீகளுக்கு இயற்கை

யாகத் தொண்டை நாண்கள் புருஷர்களுக்கு இருப்பதைக்காட்டிலும் மெல்லியனவாக அமைந் திருப்பதால் அவர்களின் சுருதி புருஷர்களைவிட அதிகமாகவிருக்கின்றது. மேலும் புருஷர்களின் நாண்கள் ஸ்திரீகளின் நாண்களைவிட நீளத்தில் சுமார் ஒன்றரை மடங்கு இருப்பதால் ஸ்திரீ களின் சுருதி புருஷர்களின் சுருதியைகாட்டிலும் அதிகமாக இருக்கின்றது. பொதுவாக ஒரு வருக்கு மூன்றரை ஸ்தாயிவரையில் சாரீரம்பேசு வது சாத்தியமானாலும், வெகு சிலரே இரண்டு ஸ்தாயிக்குமேல் பாடுகிறதை நாம் அறியலாம். மேனாட்டார், சாரீரங்களின் ஆரம்ப சுருதிக் கும், ஸ்தாயி எல்லைக்கும் தகுந்தவாறு Bass, Baritone, Alto, Tenor என்ற பாகுபாடுகளை அமைத்திருக்கிறார்கள். ஒவ்வொருவருக்கும் கீழ் ஸ்தாயியில் பாடும்போது அவர் மார்பிலிருந்து சப்தம் வெளிவருவதாக உணர்ச்சி ஏற்படும். அப்பொழுது Laryngoscope என்ற கருவியினால் பரீக்ஷை செய்து பார்க்கையில் நாண்களினி டையே அதன் நீளம் பூராவிற்கும் சந்து ஏற் பட்டு அசைவதைக் கண்டார்கள். மார்பின் மேல்பாகத்தில் உள்ள காற்றிலும் ஒலி பரவி பக் கங்களில் மோதுவதால் நமக்கு இந்த உணர்ச்சி

உண்டாகிறது என்று அறியப்பட்டது. மேல் ஸ்தாயியில் பாடும்போது தலையிலிருந்து சப்தம் வெளியே போவதுபோல உணர்ச்சி உண்டா கிறது. இப்பொழுது சோதனைசெய்து பார்த்த தில், நுனியில்மட்டும் சந்து ஏற்படுமாறு நாண் கள் நன்றாக நெருங்கி, அசைந்து, சப்தத்தை உண்டு பண்ணுவதைக் கண்டார்கள். இந்த இரண்டு ஸ்தாயிக்கும் நடுவில் துண்டு ஒன்று விழுவதுண்டு. பழக்கத்தால் ஒவ்வொருவரும் அதை மூடிக்கொண்டுபோவது வழக்கம். நாம் குசுகுசு என்று பேசும்போது நாண்கள் அசை வது கிடையா. அச்சப்தம் உதடுகளின் அசை வினால் ஏற்படுகிறது.

ஒரே சுருதியும், முழக்கமும் கொண்ட பல ஒலிகள் பலவேறு வாத்தியங்களிலிருந்து தோன் றும்போது அவற்றை வேறுபடுத்தி அறிவதற்குக் காரணமாய் இருக்கும் ஒலியின் சிறப்பியல்பே இதன் பண்பு (Quality or timbre) எனப் படும். புல்லாங்குழலின் ஓசையும், வீணையின் நாதமும் ஒரே சுருதியைக் கொண்டிருந்தாலும் வேறுபடுகின்றன. மனிதனது குரல் இவை யிரண்டினின்றும் வேறுபடுகிறது. இதன் கார ணத்தை முதன் முதலில் அறிந்து காட்டினவர்

ஜெர்மனி தேசத்து விஞ்ஞானியான "ஹெம் ஹோல்ட்ஸ்" (Hemholtz) என்பவர். சப்தங்கள் எல்லாம் தூயனவல்ல என்றும், அவைகள் உண் டாகும்போது ஓர் ஆதாரசுருதியுடன் அதற்கு இரண்டு முதல் பன்மடங்குகொண்ட பல வேறு பரிவார சுருதிகள் (overtones) கலந்தே வருகின்றனவென்றும் கண்டுபிடித்தார். பின்னும் இப்பரிவார சுருதிகளின் தன்மை, எண்ணிக்கை, உறைப்பு முதலியவற்றுக்குத் தகுந்தபடியே சப் தங்களின் பண்பு மாறுபடுகிறது என்று அறிந்து காட்டினார். மனிதனது சாரீரம் எல்லா வாத் தியங்களைக்காட்டிலும் உன்னதமாக இருப்பதற் குக் காரணம் அதிகமான பரிவார சுருதிகளைக் கொண்டிருப்பது என்றும் அறிவித்தார். மேலும் மற்ற வாத்தியங்களினால் செய்யமுடியாத உயி ரெழுத்துச் சப்தங்களை மனிதன் உச்சரிக்க முடிவது இன்னுமொரு விசேஷகுணம் என் றுரைத்தார். இதற்குக் காரணம் பாடும்போது இஷ்டப்படி வாய், மூக்கு இவைகளின் அமைப்பை மாற்றி, வெளிவரும் சப்தத்தைக் கட்டுப்படுத்த முடிவதுதான் என்று கூறுகிறார்.

இனி சாரீரப்பயிற்சிக்கு வேண்டிய விஷயங் களைக் கவனிப்போம். ஒவ்வொருவரும் அவரவர் உட்கொள்ளும் காற்றையோ அல்லது வெளி

யிடும் காற்றையோ தசைகளின் உதவியால் அடக்கியாள முடியும். தொண்டை நாண்களைக் கட்டுப்படுத்துவதற்குண்டான தசைகளைக் காது, மூளை இவைகளின் உதவியைக்கொண்டுதான் ஆளமுடியும். பிறவிச் செவிடர்களைப் பேசும் படி செய்துவிடலாம். ஆனால் பாடும்படி செய்வது இயலாது. தவிர, இடைவிடாக் கேள்வியினால் ராகம் அநேகம்பேர்கள் பாட முடிவது இதே காரணத்தினாற்றான். சாரீரத்தைத் திருத்து முன் சுவாசத்திற்குண்டான தசைகளைச் சிறந்த முறையில் உபயோகப்படுத்தத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டுவது அவசியமாகும். சுரல்கள் கொள்ளும் அளவு காற்றை நிரப்பி நிதானமாக வெளியனுப்பப் பழகவேண்டும். பாடும்போது சிலர் தொண்டையை மிகவும் சிரமப்படுத்திக்கொண்டு பாடுவார்கள். அது முற்றிலும் தவறு. அதை மாற்றிக்கொள்ளவேண்டியது அவசியம். சிரமம் யாதொன்றுமில்லாமல் சப்தம் மார்பிலிருந்து வருவதுபோல் உணர்ச்சி உண்டாவதுதான் நல்ல அறிகுறியாகும். முகத்தைக் கண்டவாறு சுளுக்கி விகாரமாக வைத்துக்கொள்ளக்கூடாது. பாடத் தொடங்கும்பொழுது கண்ணாடிமுன் உட்கார்ந்து கொண்டு பழகினால் அனாவசியமாக முகத்தை

விகாரப்படுத்திக் கொள்ளுவதைத் திருத்திக் கொள்ளலாம். எல்லாவற்றைக்காட்டிலும் சரீரத்தையும், ஆகாரத்தையும், பழக்க வழக்கங்களையும் நன்ருகக் கவனித்து வரவேண்டுவது அவசியமாகும்.

10. செவிப்புலன்

மனிதனது ஐம்புலன்களுள் விசித்திரமானதும் மிக நுட்பமானதுமான செவிப்புலனின் அமைப்பையும் செயலையும் இக்கட்டுரையில் கவனிப்போம். ஜீவ ராசிகள் அனைத்திற்கும் செவிப்புலன் வாழ்வுக்கு இன்றியமையாததாக இருக்கின்றது. சில பிராணிகளிலிடத்தும், பக்ஷிகளினிடத்தும் இப்புலனின் உணர்வுக் கூர்மையை யாவரும் கவனித்திருக்கலாம். ரஷ்ஷியா தேசத்து "பாவ்லோவ்" என்ற விஞ்ஞானி குறிப்பிட்ட சுருதியுள்ள ஓர் ஒலியை உண்டாக்கும்போது ஆவலுடன் ஆகாரத்தை எதிர்பார்க்கும்படி, அவருடைய நாய்களைப் பழக்கி இருந்தார் எனக் கூறப்படுகின்றது. 'சொன்னதைச் சொல்லும் கிளிப்பிள்ளை' என்று நாம் வழங்கிவரும் பழமொழியிலிருந்து கிளிகளின் செவிப்புலனின் உணர்வுக் கூர்மை எத்தகையதாயிருக்க வேண்டுமென்று உணரலாம். ஆனால் மானிடச் செவியோ எல்லாவற்றைக் காட்டிலும் மிகுந்த நுட்பத்தையும்

உணர்வுக் கூர்மையையும் பெற்றிருக்கிறது. பரந்த எல்லைகளினிடையே பல்வேறு சுருதி களையும் முழக்கங்களையும் கொண்டுள்ள ஒலி களைத் தனித் தனியே உணர்ந்து அநுபவிக்கும் ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கின்றது. ஒலிகளெல்லாம் துடிக்கும் பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படு கின்றன என்பது யாவரும் அறிந்த விஷயம். இத்துடிப்புகளின் சுருதி அல்லது அடுக்கம் வரம்புகளுக்குட்பட்டிருந்தால் மட்டுமே காதிற்கு அவைகள் புலனாகும். சுருதி 30-க்குக் குறை வாக இருந்தால் அவ்வொலியை நாம் கேட்க முடிவதில்லை. இதுவே கேள்விக்குத்தாழ்ந்த எல்லையாகும். உயர்ந்த சுருதிகளைக் கேட் கும் சக்தி வயதைப் பொறுத்திருக்கிறது. முதுமை வர வர உயர்ந்த சுருதிகளைக் கேட்க முடிவதில்லை. சிறுபிள்ளைகள் கேட்கக்கூடும் சுருதி 20,000 வரை இருப்பதாக அறிந்திருக் கிறார்கள். வயதானவர்கள் 15,000-க்கு மேல் கேட்க முடிவதில்லை. எனவே, மானிடச் செவி சுமார் பதினொன்று ஸ்தாயிவரை கேட்கும் இயல்பைப் பெற்றிருக்கிறது என்று கூறலாம். சங்கீதத்தில் சுமார் 4,000 வரை சுருதி உள்ள ஒலிகளே கையாளப்படுகின்றன. இவற்றி

னிடையே மிகச் சிறிய வித்தியாசத்தைக் கொண்டுள்ள ஒலிகளையும் நமது செவிப்புலன் நன்கு உணருகின்றது. இப்போது அதன் அமைப்பைச் சிறிது கவனிப்போம்.

இதை புறச் செவி, நடுச் செவி, உட் செவி என்று மூன்று பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதல்



Fig.
(The Ear)

M—Membrane.
S—Stapes.
O—Oval window.
C—Cochlea.
R—Round window.
N—Auditory nerves.
E—Eustachian tube.

பாகத்தில் செவிப்புனல் (Pinna), செவிக்குழல் (Auditory Canal), சவ்வுத் தோல் (Drum-skin) அடங்கியுள்ளன. செவிப்புனல் மனிதர்

களுக்கும் மிருங்களுக்குமே உள்ளது. பறவை இனங்களுக்குக் கிடையாது. இதனுல், ஒலி வரும் திக்கை நோக்கிச் செவிப்புனல்களைத் திருப்பி, ஒலியைக் கேட்க மிருகங்களுக்கு முடிகிறது. ஆனுல் மனிதர்கள் அவர்களின் செவிப்புனல் களை அவ்வாறு அசைக்கமுடியாது. செவிக் குழலின் பக்கங்களில் குரும்பை என்று சொல் லப்படும் ஒருவிதமெழுகு இருக்கின்றது. இதனுல் எறும்பு முதலிய சிறு பூச்சிகள் சுலபமாக உட் செல்ல முடியாது தடைப்படுத்தப்படுகின்றன. செவிக் குழலின் கடைசியில் சவ்வுத் தோல் அமைந்திருக்கிறது. நடுச் செவியில் மூன்று எலும்புகளாலாகியத் தொடர் ஒன்று இருக் கின்றது. மேற்சொன்ன சவ்வுத்தோல் புறச் செவியையும் நடுச் செவியையும் பிரிக்கிறது. நடுச் செவியிலுள்ள மூன்று எலும்புகளும் ஒன்ருேடொன்று மிகவும் நுட்பமாக இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இத்தொடரின் ஒரு முனைச் சவ்வுத்தோலுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. மற்ருெரு முனை உட்காதிலுள்ள ஒரு துவாரத்தை மூடிக்கொண்டிருக்கின்றது. உட்காது சற்றுச் சிக்கலான அமைப்பு உள்ளது. இதில் முக்கிய மானது நத்தை ஓட்டை ஒத்திருக்கும் சுருள்வளை (Cochlea) எனப்படும் பாகம். இவ்விசித்திர

மான பாகம் சுமார் 3.1 செ. மீட்டர் நீளமும், 0.15 செ. மீட்டர் குறுக்களவு முடைய எலும்புக்குழலால் ஆக்கப்பட்டது. இதன் அடிப்பாகத்திலுள்ள ஒரு துவாரத்தைத் தான் முன்சொன்ன எலும்புத் தொடரின் மற்ருெரு முனை மூடி நிற்கின்றது. இச்சுருள் வளையினுள்ளேயே கேட்பதற்கு வேண்டிய உறுப்பு இருக்கின்றது. அதை அடிச்சவ்வு (Basilar membrane) என்று கூறுவார்கள். இதி லிருந்தே கேள்வி நரம்புகள் மூளைக்குச் செல்லு கின்றன. இச்சவ்வுத்தோலில் ஆயிரக்கணக்கான சிறு நார்கள் (Fibres) இருக்கின்றன. இந்நார்கள் சவ்வுத் தோலின் அடிப்பாகத்தில் நீளமாகவும் உச்சிக்குச் செல்லச் செல்ல நீளம் வர வர குறைவாகவும் உள்ளன. இனி, ஒலியை எவ்வாறு கேட்கின்ருேம் என்று பார்ப்போம்.

ஓர் ஒலியெழுப்பும் பொருள் துடிக்கும் போது அது முன்னும் பின்னுமாக ஆடுகிறது. இதனுல் இது தன்னை அடுத்துள்ள காற்றுப் படலத்திலே நெருக்க விலக்கங்களை (Condensations and rarefactions) மாறி மாறி ஏற்படுத்துகிறது. இதனுல் இயக்கப்பட்ட காற்றுத்துகள்கள் தம்மை அடுத்துள்ள காற்றுத் துகள்களை இயக்குகின்றன.

எனவே, மேற்கூறிய நெருக்கவிலக்கங்கள் மாறி மாறி முன்னோக்கிச் செல்லுகின்றன. இவை ஒலியைக் கேட்போனுடைய புறச் செவியி னுள்ளே நுழைந்து, அதன் சவ்வுத்தோலை முன்னும் பின்னுமாக மாறி மாறி அசைக் கின்றன. இவ்வதிர்ச்சிகள் நடுச் செவியில் அமைந்திருக்கும் எலும்புத் தொடரின் வழியாக உட்காதிலுள்ள அடிச்சவ்வுக்குக் கொண்டு சேர்க்கப்படுகின்றன. இதற்குத் தகுந்தாற் போல் அடிச்சவ்விலுள்ள நார்கள் உடனியக்கத் தால் அசைய, அதனால் கேள்வி நரம்புகள் மூலமாக மூளைக்கு ஒலியின் உணர்ச்சி ஏற் படுகின்றது. ஒலியின் சுருதிக்குத் தகுந்த வாறு அடிச்சவ்வில் உடனியக்கம் ஏற்படும் பாகம் அமைந்திருக்கின்றது என்ற விஷயம் சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் பரிசோதனை நடத்தி அறியப்பட்டது. சவ்விலுள்ள நார்களின் நீளத்துக்கேற்றவாறு கேட்கப்படும் ஒலிகளின் சுருதிக்கு உயர்ந்த எல்லையும் தாழ்ந்த எல்லையும் அமைந்திருக்கின்ற விவரம் உணரப்பட்டது.

கடைசியாக இசை ஒலிகளின் முக்கிய அம்சமான பண்பை நாம் அறிவதன் காரணத் தைக் கவனிப்போம். இசை ஒலிகள் ஒரே

சுருதியையும் முழக்கத்தையும் கொண்டிருந்த போதிலும் அவற்றை வேறு படுத்தி நம்முடைய செவிப்புலன் உணருகிறது. உதாரணமாக, யாழின் ஒலியும், குழலின் ஒலியும் ஒரே சுருதி, முழக்கம் இவற்றைப் பெற்றிருந்த போதிலும், நாம் சுலபமாக இரண்டையும் வேருக அறிகின்ரேம். இவ்வேறுபாட்டிற்குக் காரணமாயுள்ள பண்பு எதைச் சார்ந்திருக்கின்றது என்று "ஹெம்ஹோல்ட்ஸ்" எடுத்துக் காட்டியபின் செவிப்புலனின் நுட்பத்தைக் கண்டு விஞ்ஞானிகள் வியந்தார்கள். அவர் ஒவ்வோர் ஒலியிலும் ஒரு பிரதான சுருதியோடு பல வேறு பரிவாரச் சுருதிகள் கலந்தே வருகின்றன என்றும், இப்பரிவாரச் சுருதிகள் சூழ்ந்திருப்பதைக் கொண்டே அதன் பண்பு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது என்றும் கண்டார். ஒலியை நம்முடைய செவிப்புலன் வியவச்சேதம் செய்து அதில் கலந்துள்ள பரிவாரச் சுருதிகளையும் அவை ஒவ்வொன்றின் உறைப்பையும் அறிகின்றது என்று அவர் காட்டினர். நிற்க, நம்முடைய சங்கீதத்தில் உள்ள ஸ்வரக்கிரமங்களின் அமைப்பைக் கவனிக்குங்கால் நம்முடைய முன்னோர்கள் செவிப்புலனுக்கு எத்தகைய பயிற்சி அளித்திருக்

கின்றூர்கள் என்பது விளங்கும். ஸ்வரக்கிரமம் என்பது எளிய பின்னங்களாலான இடைகளை (Intervals)க் கொண்டதொரு ஸ்வரக் கூட்டமாகும். இதை மேளகர்த்தாக்கள் என்று வழங்குவதுமுண்டு. நம்மிடைவழங்கி வருகிற ராகங்கள் அனேகம் உள்ளன. சிலவற்றின் ஸ்வரங்களின் சுருதிவித்தியாசம் வெகு சிறிதளவே இருந்த போதிலும் நாம் அவற்றை நன்ருக உணரக் கூடுவதிலிருந்து செவிப்புலனின் பெருமையை உணரலாம். ஆங்கிலேயர் சங்கீதத்தில் இரண்டு வகையான ஸ்வரக்கிரமங்களே உண்டு. அவற்றில் மூத்தது ஒன்றும் இளையது ஒன்றுமாகும். அவர்கள் சங்கீதம் பல வேறு இசை ஒலிகளை ஒரே சமயத்தில் எழுப்பி அவற்றின் சேர்க்கையினுல் உண்டாகும் சுகத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. நம்முடைய சங்கீதத்தில் ஸ்வரங்களைத் தொகுதிகளாக உச்சரித்து அவைகளை அசைக்கும்போது உண்டாகும் சுகத்தையே முக்கியமாகக் கொண்டிருக்கிரேம். இவ்விரண்டு வழிகளிலும் சங்கீதத்தை அப்பியாசம் செய்பவர்கள் செவிப்புலனுக்கு நன்கு பயிற்சி அளித்து அதன் பெருமையினுல் அவர்கள் முதலில் இன்புற்று

பிறர்களுக்கும் இன்பத்தை அளித்து வருகின்றார்கள். "செல்வத்துட் செல்வம் செவிச் செல்வம்" என்பது ஆன்றோர் மொழியன்றோ!

11. "ஹெம் ஹோல்ட்ஸ்"

சென்ற நூற்றுண்டிலிருந்த பிரபல விஞ்ஞானிகளில் ஜெர்மனி தேசத்து ஹெம் ஹோல்ட்ஸ் என்ற பெரியார் ஒருவர். இளம்வயதிலேயே



ஹெம் ஹோல்ட்ஸ்.

பௌதிக ஆராய்ச்சியிலிருந்த இவரது ஊக்கத்தையும் திறமையையும் கண்டு எல்லோரும் மெச்சினுர்கள். அவர் வைத்தியத் தொழிலுக்காகப் படித்தபோதிலும் அவருடைய அறிவு விஞ்ஞானத்தின் எல்லாத் துறைகளிலும் சோபித்தது. ஒலி, ஒளி, மின்சார வியல்களில் நூதனமாக அனேக விஷயங்களை ஆராய்ந்து எடுத்துக்காட்டியிருக்கிறர். நிற்க, விஞ்ஞானத் துறைகளில் மிகுந்த அளவில் பலரைக்கொண்டு ஆராய்ச்சிகள் நடத்தும் முறையையும், அம்முடிவுகளைக்கொண்டு பொது ஜனங்களின் நலனுக்குப் பயன்படுத்தக்கூடிய வழியையும், ஜெர்மனி தேசத்திற்கு மட்டும் அன்றி மற்ற தேசங்களுக்கும்

முதன் முதலில் எடுத்துக்காட்டியவர் இவர்தான். தவிர, பொது ஜனங்களுக்கு இதைப் பற்றிய பிரசங்கம் செய்வதில் மிகுந்த ஆற்றல் வாய்ந் தவர். படிப்பு முடிந்ததும் ராணுவத்தில் இரண வைத்தியராகச் சிறிதுகாலம் கழித்தார். அதனின்று விலகிச் சொற்ப காலம் வைத்திய ஆசிரியராக இருந்தார். பின்பு பெர்லின் சர்வ கலாசாலையில் பௌதிக நூலாசிரியராக நியமிக் கப்பட்டார். இருபது வருஷகாலம் இவ்வேலையைப் பார்த்து வந்தார். கடைசியில் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிக்குத் தனியே அந்நாட்டில் அமைக்கப் பட்டுள்ள நிலயத்திற்கு நிர்வாகியாகச் சில ஆண்டுகளிருந்து காலமானர்.

இவரது ஆராய்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றும் முக்கியமான போதிலும், அதில் சில வற்றை மட்டும் இவ்விடம் குறிப்பிடுவோம். கணிதத்தில் சொற்ப பயிற்சியே இருந்தும் இவர் நீர்ச்சுழல் களின் சித்தாந்தத்தை (Theory of vortex rings) விளக்கியது எல்லோரையும் வியக்கச் செய்தது. இவர் வைத்திய ஆசிரியராக இருந்த பொழுது கண்ணின் அக்ஷிப் படலத்தைப் பரி சோதிப்பதற்குண்டான ஒரு கருவியைக் (Opthalmoscope) கண்டு பிடித்தார். மின்காந்த அலைகளை முதன் முதலில் உண்டாக்கிக் காட்டிய

பெருமை 'ஹெர்ட்ஸ்" என்ற பெரியாருக்கே உரித்தானபோதிலும், அதில் ஒரு பகுதி இவரைச் சேரவேண்டியது. ஏனெனில் "ஹெர்ட்ஸ்" என்பவர் இவர் கீழ்தான் அவ்வாராய்ச்சியை நடத்தினர். அவ்வப்போது அவருக்கு ஊக்கமும், உதவியும் இவர்தான் அளித்துவந்தார். ஆகையினல் ரேடியோ மூலம் சமாசாரத்தை அயல் நாடுகளுக்கு அனுப்பக்கூடும் என்று முதலில் காட்டிய பெருமையில் இவருக்கும் பெரும் பங்கு உண்டென்று சொல்வது மிகையாகாது. தவிர, இவர் அநேக கட்டுரைகளும் நூல்களும் எழுதியுள்ளார். அவற்றுள் ஒளி சம்பந்தமாகவும் ஒலி சம்பந்தமாகவும் இயற்றிய "பார்வையின் தத்துவம்", "ஒலியின் உணர்ச்சி" என்ற இரண்டு பெரிய நூல்கள் குறிப்பிடத்தக்கவை. ஒலி சம்பந்தமாக அநேக ஆராய்ச்சிகளை நடத்தி அதன் முடிவுகளை இரண்டாவது புத்தகத்தில் விளக்கியுள்ளார். சங்கீதத்தில் மிகுந்த தேர்ச்சி பெற்றதினல் அநேக நுட்பமான விஷயங்களை அறிந்து எடுத்துக் காட்டியிருக்கிருர்.

ஒரே சுருதியும் முழக்கமும்கொண்ட பல ஒலிகள் பல வேறு கருவிகளிலிருந்து தோன்றும் போது, அவற்றை வேறுபடுத்தி நம்முடைய

காது அறிவதை யாவரும் உணர்வார்கள். புல் லாங்குழலின் ஓசையும் மனிதனது குரலும் ஒரே சுருதியையும், முழக்கத்தையும் கொண்டிருந் தாலும் வேறு படுகின்றன. இவ்வேறுபாட்டிற் குக் காரணமாயுள்ள ஒலியின் சிறப்பியல்புக்குப் பண்பு (quality) என்று பெயர். பண்பு ஒவ் வொரு வாத்தியத்திலும் ஒவ்வொரு விதமாக இருப்பதற்குக் காரணத்தை முதன் முதலில் கண்டறிந்து காட்டியவர் இவரே யாவர். ஒலி களெல்லாம் தனித்திருப்பனவல்ல என்றும், அவை ஒவ்வொன்றும் ஒரு பிரதான சுருதியுடன் கூடிய பலவேறு பரிவார சுருதிகள் (over-tones) சூழப்பெற்றன வென்றும் கண்டுபிடித் தார். எவ்வாறு சூரிய வெளிச்சத்தில் பல வேறு வர்ண ஒளிகள் அடங்கியிருக்கின்றனவோ, அது போல ஒரு ஸ்வரத்திலே ஒரு பிரதான சுருதி யோடு பல வேறு பரிவார சுருதிகளும் கலந்தே நிற்கின்றன என்கிருர். இந்தப் பரிவார சுருதி கள் சூழ்ந்திருப்பதைக்கொண்டே ஒரு ஸ்வரத் தின் பண்பு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது என்று பரி சோதித்துக் காட்டினுர். இதற்காகத் தக்க கருவி களையும் இயற்றினுர். இவ்வாறு சோதனைகள் நடத்தி ஒவ்வொரு இசைக்கருவியின் ஓசையை

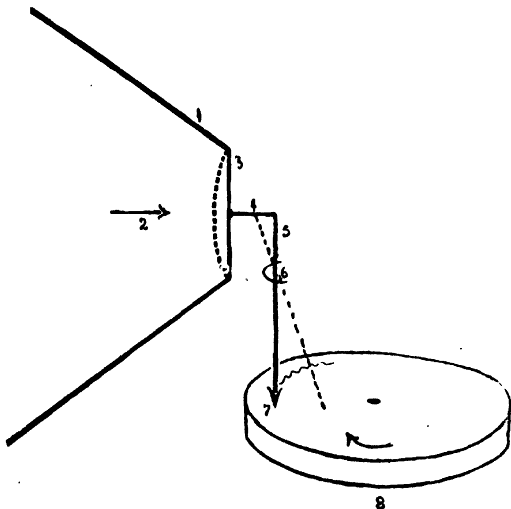
ஆராய்ந்தார். கம்பிவாத்தியங்களின் ஒலி விறு விறுப்பாக இருப்பதன் காரணம் அதிலடங்கி யுள்ள பல பரிவார சுருதிகளே என்று கூறுகிறார். புல்லாங்குழலின் ஓசை மிருதுவாக இருப்பதன் காரணம் அது ஒரே ஒரு பரிவார சுருதியுடன் கூட இருப்பதுதான் என்று சொல்லுகிறார். நிற்க, அப்பரிவார சுருதிகளின் பலம், எண்ணிக் கை இரண்டும் கம்பி வாத்தியம் ஒவ்வொன்றுக் கும் ஒவ்வொரு விதமாக இருப்பதை உணர்ந்து எடுத்துக் காட்டினார். இவை கம்பிகளை அசைக் கச் செய்யும் வழியையும் வாத்தியத்தின் அமைப் பையும் சார்ந்திருக்கின்றன என்று அறிந்தார். வில்லினால் அசைக்கப்படும் கம்பி வாத்தியங் களின் ஒலியில் இருக்கும் பரிவார சுருதிகள், மீட்டி வாசிக்கப்படும் வாத்தியங்களின் ஒலி யிலிருப்பதைக் காட்டிலும் அதிகமிருப்பதை உணர்ந்தார். மனிதனது நல்ல சாரீரத்தில் சுமார் பதினாறு பரிவார சுருதிகள் வரையில் இருக்கக் கூடும் என்று காட்டினார். எல்லா வாத்தியங் களைக் காட்டிலும் மனிதனது சாரீரம் மேன்மை யாக இருப்பதற்கு முக்கிய காரணம் இதுவே என்று கூறுகிறார். நிற்க, வாத்தியங்களினால் உச்சரிக்க முடியாத உயிரெழுத்துச் சப்தங்களை

மனிதன் உச்சரிக்க வியல்வது மற்ருெரு காரணம் என்கிருர். தவிர, பிடில்போன்ற வில்லுடன் கூடிய வாத்தியங்களில் கம்பியின் அசைவைப் பொறுத்த விஷயங்களை முதன் முதலில் பரீக்ஷை செய்து அறிந்தவர் இவரே. இதற்காக (vibration microscope) என்ற கருவியை அமைத்துக்கொண்டார். மேலும் நம்முடைய காதுகளினுல் எவ்வாறு சுமார் பதிஞேரு ஸ்தாயிகள் வரையிலும் வெகு நுட்பமாக நாம் கேட்க முடிகின்றது என்பதற்குக் காரணம் கண்டுபிடித்தார். வாதி, விவாதி, அனுவாதி ஸ்வரங்களின் உண்மையை அறிந்து, விவாதி தோஷம் எதனுல் ஏற்படுகின்றது என்பதற்குச் சமாதானத்தை அறிந்தார். மிகுந்த முழக்கத்துடன் வெவ்வேறு சுருதியுள்ள இரண்டு ஒலிகளை ஒலிக்கும்போது அவைகளன்றியில் வேறு சுருதிகள்கொண்ட ஒலிகள் கேட்கின்றதை நிரூபித்து அதற்குச் சமாதானம் கூறினுர். இவ்வாறு அநேக விஷயங்களை ஆராய்ச்சி செய்து அம் முடிவுகளை எழுதியுள்ள இவரது "ஒலியின் உணர்ச்சி" என்னும் நூல் சங்கீத மாணவர்களுக்கும், பௌதிக நூல் மாணவர்களுக்கும் இன்றியமையாததாக இருந்து வருகின்றது.

12. ஒலிப்பதிவு

ஒளியைப் பதிவு செய்ய உருவப் படம் எடுப்பதுபோல் ஏன் ஒலியையும் பதிவு செய்யக் கூடாதென்ற கேள்வி பிறந்தது. சென்ற நூற்றுண்டு இறுதியில் இக் கேள்வியே விஞ்ஞானிகளைத் தூண்டிற்று. இம்முயற்சியில் முதலில் ஈடுபட்டவர் "ஸ்காட்" என்ற விஞ்ஞானி. ஆயினும் இதில் வெற்றி பெற்றவர் "எடிஸன்" என்பவரே. இவரும் இவருக்குப் பின் வந்த விஞ்ஞானிகளும் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் பயனுகத் தற்காலம் இசைத் தட்டுகள் எடுக்கப்பட்டு அனைவரும் தங்கள் வீடுகளில் கிராமபோனை வைத்து ஆனந்தமாகப் பாட்டைக் கேட்டு வருவது சாத்தியமாயிற்று. நிற்க, ஒலிகளெல்லாம் பதார்த்தங்களின் துடிப்பினுல் ஏற்பட்டு, பதார்த்தங்களின் மூலமாகவே நம்மை அடைகின்றன என்று அனைவரும் அறியலாம். நாம் கேட்கும் ஒலியின் சுருதி அதன் துடிப்பு வேகத்தைச் சார்ந்தது. ஒரு செகண்டிலே ஒலியியற்றும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கையே அதன் சுருதி என்று சொல்லப்

படும். ஒலியின் முழக்கம் துடிப்பின் வீச்சைச் சார்ந்திருக்கும். வீணைத் தந்தியைக் குறைவாக



படம் 1

Sound recording.

1. Horn
2. Sound
3. Flexible Diaphragm
4. Link
5. Lever
6. Pivot
7. Cutter
8. Rotating wax

மீட்டினால் குறைந்த முழக்கத்தையும், அதிகமாக மீட்டினால் அதிக முழக்கத்தையும் கேட்பதிலிருந்து இதை நன்கு உணரலாம். இனி எவ்வாறு

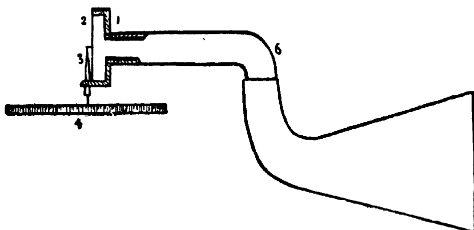
ஒலிப்பதிவு செய்யப்படுகிறது என்று பார்ப்போம்.

படத்திலே (படம் 1) கண்டவாறு ஒரு புனல் போன்ற வாயினடிப்புறத்திலே ஒரு துடிக்கும் விதானம் (Flexible diaphragm) பொருத்தப்பட்டிருக்கிறதாகக் கொள்வோம். இதன் மையத்தைத் தொட்டுக்கொண்டு அதற்குச் செங்குத்தாகக் கணு (link) என்று சொல்லப்படும் ஒரு சிறு கம்பி இணைக்கப் பட்டிருப்பதைப் பார்க்கலாம். இதன் மற்றொரு முனையோடு மெல்லிய நெம்புகோலின் (lever) ஒரு முனை இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்நெம்பு கோல் இடையிலே பூட்டப்பட்டுள்ளது; அதாவது இதன் இடையிலே உள்ள ஒரு சிறு பகுதியைச் சுற்றி இது சுழலக்கூடும். இந்நெம்பு கோலின் இரண்டாவது முனை கூரானது. அதனடியிலே மெழுகு தட்டு ஒன்று வைக்கப் பட்டிருப்பதையும் காணலாம். இத்தட்டை அதன் நடு இருசைச் சுற்றிச் சுற்றக்கூடும். இப்பொழுது புனல் வாயினருகே ஒருவன் பாடுமாறு செய்து தட்டைச் சுற்றவும். ஒலி அலைகள் விதானத்தை முன்னும் பின்னுமாகத் துடிக்கச் செய்யும். இதனால் கணுவும் அதனோடு

சேர்ந்த நெம்புகோலும் துடித்து அதன் மூலம் மெழுகு வட்டிலிலே நெளிந்து செல்லும் வட்டம் ஒன்று வரையப்படும். ஒரு சுற்று ஆனவுடன் மறுபடியும் நெம்புகோலின் ஊசி முனை அதே வட்டத்தில் செல்லாமல் இருக்கும் பொருட்டு வட்டில் சுற்றச்சுற்ற ஊசிமுனை அதன் மையத்தை நோக்கி நகருமாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். எனவே, இத் தட்டில் பல சுற்றுக் கொண்ட நெளிந்த வட்டங்களிருக்கும். நாம் மேலே பார்த்த ஒலியின் அம்சங்களான சுருதியும் முழக்கமும் இந்நெளிந்த கோட்டில் அமைந்துள்ளன. நெளிவுகள் நெருங்கி இருந்தால் உயர்ந்த சுருதியையும் விலகி இருந்தால் தாழ்ந்த சுருதியையும் காட்டும். நெளிவுகளின் வீச்சு அதிகமானால் முழக்கம் அதிகமாகவும் குறைந்திருந்தால் குறைவாகவும் இருக்கும். ஊசி முனையைத் திரும்ப இக் கோட்டின்மீது செல்லும்படி செய்தால் பதிவு செய்த ஒலியை நாம் கேட்கலாம். பின்னர் வந்த கருவிகளில் நெளிவுகளின் ஆழம் அதிகமானால் முழக்கம் அதிகமாகவும் குறைந்திருந்தால் குறைவாகவும் இருக்குமாறு பதிவு செய்யப்பட்டது. இதுதான் மின்னியல் ஒலிப்பதிவு கையாளுவதற்கு முன் அனுசரித்து வந்த முறை யாகும்.

இம்மெழுகு வட்டிலிலிருந்துதான் இசைத் தட்டுகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. மெழுகு வட்டிலின்மீது சன்னமான காரீயத்தூளைத் (graphite) தூவி அதைத் துருசு நீரில் (Copper Sulphate Solution) வைத்து அதன் வழியாக மின்சாரம் செலுத்தப்படும். மின்சாரம் பாய்வதால் மெழுகுவட்டிலின்மீது தாம்பிரத்தூள் அதிலுள்ள கோட்டின் பள்ளத்திற்குத்தகுந்தாற் போல் சன்னமாகப் படியும். வேண்டுமென்ற கனத்திற்குப் படிந்தவுடன் தாம்பிரம் வட்டிலிலிருந்து உரித்து எடுக்கப்படும். இதை "நெகடிவ்" (Negative) என்று கூறுவர். ஏனெனில் மெழுகு வட்டிலில் பள்ளமாக விருக்கிற பாகம் இதில் மேடாக இருக்கும். இதிலிருந்தே இசைத் தட்டுகளைப் பெறலாம். ஆனுல் கிராமபோன் கம்பெனிக்காரர்கள் அவ்வாறு செய்வதில்லை. இதை அசலாக வைத்துக்கொண்டு மறுபடியும் மின்சாரப் பாய்ச்சலினுல் மற்றொன்றைத் தயார் செய்கிருர்கள். இந்நகலே (Working Matrix) என்று வழங்கப் படுகின்றது. இது இரண்டுபக்கங்களிற்கும் இரண்டாகத் தயார் செய்யப்பட்டு ஒரு அச்சு யந்திரத்தின் மேற் பக்கத்திற்கு ஒன்றும், கீழ்ப் பக்கத்திற்கு ஒன்றுமாக இணைக்

கப்படுகின்றது. பிறகு இசைத்தட்டுத் தயார் செய்வதற்குரிய கலவைப் பொருளைக் கொதிக்க வைத்து, அதைச் சூட்டோடு அச்சு யந்திரத்தின் இடையே ஊற்றி, இரண்டு பக்கங்களையும் சேர்த்து அமுக்கிக் குளிர்ந்த நீரை உடனே ஊற்றிக் குளிரச்செய்து, விளிம்புகளைக்கத்தரித்த பின்னர் யந்திரத்திலிருந்து இசைத் தட்டு எடுக்கப்படுகின்றது.



படம் 2

Principle of Acoustic Gramophone.

1. Sound Box
2. Diaphragm
3. Stylus Bar
4. Record
5. Needle
6. Tone Arm
7. Horn

இவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட இசைத்தட்டிலிருந்து திரும்ப எவ்வாறு ஒலியை அடைகின்றோம் என்று இப்பொழுது பார்ப்போம். படத்தில் (படம் 2) இசைத்தட்டிலுள்ள கீறலிலே எஃகு ஊசி ஒன்று பதிந்து நிற்பதைப்

பார்க்கலாம். தட்டு சுழலும்போது கோட்டின் மீது ஊசி செல்வதால் அத்துடன் கணுவின் மூலமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிற விதானமும் துடிக்கும். இத்துடிப்பால் ஒலி வெளியிடப்படும். இந்த வொலி இசைக் குழாயின் வழியாகச் சென்று புனல் வாய் வழியாகப் பெருகி வெளிப் படுகிறது. நவீன யந்திரங்களிலே இப்புனல் முழுவதும் பெட்டிக்குள்ளேயே அடக்கி வைக் கப்பட்டிருக்கும்.

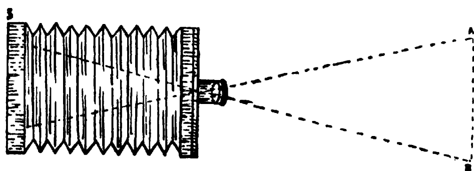
மேற் சொன்ன பதிவு முறையில் சில குறைபாடுகள் உண்டு. ஒலியைப் பதிவு செய்யும் போது பாடுகிறவர்கள் புனல் வாய்க்கு மிக நெருங்கி இருக்க வேண்டியிருக்கிறது. பலர் சேர்ந்து பாடும்போது இது முடியாத காரிய மாகிறது. மற்றும் ஒலியின் அடுக்கம் (Frequency) ஊசியின் இயற்கைத் துடிப்பு அடுக்கத்தோடு ஒன்றுபட்டுவிடும். அப்போது முழக்கம் அதிகமாய்விட இசை கெட்டுவிடும். இக்குறைபாடுகளை நிவர்த்தித்து 1924-ம் ஆண்டி லிருந்து மின்னியல் முறையினால் ஒலிப் பதிவு செய்யப்பட்டு வருகின்றது. இதில் ஒலிக் குண்டான துடிப்பைக் கொண்டு மின்சார ஓட்டத்தில் ஏற்றக் குறைவு உண்டாகுமாறு செய்யப்படுகின்றது. இதைச் சுலபமாக டெலி

போன் தத்துவத்திலிருந்து அறியலாம். டெலி போனிலே ஒலித்துடிப்பு ஒரு விதானத்திலே துடிப்பை உண்டாக்க, இத்துடிப்பு மின்னியல் துடிப்பாக மாறி நெடுந்தூரம் கம்பிகளின் வழியே சென்றபிறகு, மற்றொரு விதானத்தின் துடிப்பாக மாற்றப்பட்டு ஒலி வெளியிடப் படுகிறது. இந்தத் தத்துவமே மின்னியல் ஒளிப் பதிவிலும் கையாளப்பட்டுள்ளது. 'மைக்'கின் முன் ஒருவர் பாடுவதாகக் கொள்வோம். அவ் வொலியினால் ஏற்படும் மின்னியல் துடிப்புகள் மின்னுருத் தாழ்களினால் (Thermionic valves) பல மடங்கு பெருக்கப்பட்டுக் கடைசியில் முன் னர்க் கூறிய முறையில் கண்ட ஊசி முனையை அசைக்கின்றது. அதிலிருந்து வட்டிலில் நெளிந்த கோடுகள் பெறப்படுகின்றன. இம் முறையைப் பின்பற்றியே தற்காலம் ஆபீசுகளில் தலைவர்கள் குமாஸ்தாக்களை முதலில் சுறுக்கெழுத்தில் எழுதச் சொல்லி அதை 'டைப்' அடிப்பதற்குப் பதிலாக, "டிக்டோபோன்" (Dictophone) என்ற கருவியைக்கொண்டு குமாஸ்தாக்கள் இன்றியே சொல்ல வேண்டுவதைப் பதிவு செய்து விடுவார்கள். பின்னர் குமாஸ்தாக்கள் ஒழிந்தபோது அதை "டைப்" அடிப்பார்கள்.

13. ஒளிப்பதிவு

நற்காலம் நாகரீகம் வாய்ந்த வீடுகளில் பெரும்பாலும் ரேடியோ, கிராமபோன் முதலிய வற்றுடன் ஒரு காமிராவும் இருந்து வருவதை எல்லோரும் அறிவார்கள். இயற்கை விநோதங் களையும், அதிசய சம்பவங்களையும் படம் பிடிப் பது பொழுது போக்குக்கு ஒரு சிறந்த வழியாக அநேகருக்கு இருந்து வருகின்றது. பெரிய நகரங்களில் இதற்கென்று சங்கங்களும் இருந்து வருகின்றன. விஞ்ஞானத் துறையில் முதன் முதலாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்ட நூதனங்களில் ஒளிப்பதிவு அல்லது படம் பிடித்தல் ஒன்ருகும். விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி நடத்தும் முறைகளில் ஒளிப்பதிவு முறை மிகவும் பயன்பட்டு வரு கின்றது. ஆரம்பத்தில் பௌதிக, இரசாயன சாஸ்திரங்களின் ஒரு சிறு பகுதியாக இருந்த போதிலும் இப்பொழுது அதற்கென்று ஒரு தனிப் பிரிவு ஏற்படுத்த வேண்டிய நிலையை அடைந்துவிட்டது. ஒளிப்பதிவின் செயல்

முறைத் தத்துவத்தை இக்கட்டுரையில் கவனிப் போம்.



Principle of the Photographic Camera.

படம் 1.

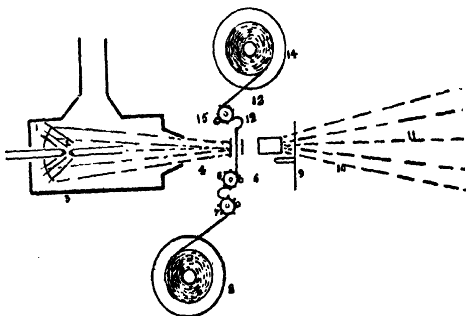
ஒரு காமிராவைச் சற்றுக் கவனித்துப்பார்த் தால் அக்கருவியில் ஒளியிறுக்கமானதொரு பெட்டியும், அதன் வாயில் ஒரு குவிவில்லை அமைப்பும், படிவத்தை (image) ஏற்றுக் கொள்ள ஒரு தேய்த்த கண்ணுடித்திரையும் இருப் பதை அறியலாம். கண்ணுடித் திரைக்கும் வில்லைக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை நாம் விரும்பியபடி மாற்றிக்கொள்ள இப்பெட்டியின் சுவர்கள் துருத்தியின் புறங்கள் போன்று பல மடிப்புகளுடையனவாகச் செய்யப் பட்டிருக்கும். வில்லை படம் பிடிக்க வேண்டிய பொருளை நோக்குமாறு பெட்டி திருப்பி வைக்கப்படும். அப்பொழுது அப்பொருளின் படிவம் ஒன்று பெட்டியினுள்ளே விழும். கண்ணுடித் திரையை

முன்னும் பின்னும் அசைப்பதற்காக ஒரு திருகு வைக்கப்பட்டிருக்கும். அதைக் கொண்டு படிவம் கண்ணுடித் திரையின் மீது திரண்டு தெளிவாகக் குவியும்படி செய்யப்படும். இப்பொழுது வில்லையினுள் ஒளி நுழையாதபடி அதன் வாயை நன்ருக மூடிவிட்டுக் கண்ணுடித் திரை நின்ற இடத்திலே போட்டோத் தட்டு வைக்கப்படும். இத்தட்டு கண்ணுடியிளுலாவது 'செலுலாய்டு' என்ற ஒருவித படலத்திளுலாவது செய்யப்படும். இதன் ஒரு புறத்திலே 'ஜெலாடின்' (Gelatine) எனப்படும் பசை, 'ஸில்வர் ப்ரோமைட்' (Silver Bromide) முதலிய உப்புகளின் கலவையோடு சேர்த்துப் பூசப்பட்டிருக்கும். இந்த வெள்ளி உப்புகளின் மீது ஒளி தொழிற் படக்கூடும். இத்தட்டு வைத்தவுடன் வில்லையின் முகம் சற்று திறந்து மறுபடியும் மூடப்படும். போட்டோத் தட்டின் மீது விழுந்த ஒளி அதன் மீது தடவப் பட்டுள்ள வெள்ளி உப்புகளின்மீது தொழிற்பட்டு அவற்றிலே இரசாயன மாறுபாடுகளை உண்டாக்குகிறது. இத்தட்டின்மீது ஒளி படாதவாறு மூடி வெளியே எடுத்து ஒரு இருட்டறையில் இருந்துகொண்டு விளக்கு நீர் (Developer) எனப்படும் ஒரு இரசாயனக் கலவைக் கரை நீரிலே இத்தட்டு தோய்த்

தெடுக்கப்படும். இதனல் ஒளிபட்ட இடத்தி லுள்ள உப்பெல்லாம் வெள்ளியாக மாறிக் கறு நிறத்தோடு தோன்றும். இக்கறு நிறத்தின் உறைப்பு அந்த இடத்தில் பட்ட ஒளியின் உறைப்புக்குத் தக்கவாறு இருக்கும். இத்தட்டு மறுபடியும் "சோடியம் ஹைபோஸல்பைட்" (Sodium hyposulphite) என்னும் உப்புக்கரை நீரிலே தோய்த்துக் கழுவப்படும். இதைப் பதிவு செய்தல் என்பார்கள். இப்போது ஒளி பட்டு வெள்ளியாகிய பகுதி தவிர மற்றெல்லாப் பகுதி களும் இந்தக் கரை நீரிலே கரைந்து போய்விடும். இதன் பிறகு இத்தட்டு தூய தண்ணீர் தாரையிலே நன்முகக் கழுவிக் காற்றிலே உலர வைக்கப்படும். இவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட படத்தை மாறு படம் (Negative) என்று சொல்லுவார்கள். பொருளிலே வெளிச்சம் பட்ட இடமெல்லாம் இதில் கறுத்தும், பொருளிலே இருண்டிருந்த இடமெல்லாம் இதில் வெளுத்தும் தோன்றும். இந்த மாறுபட்ட தட்டோடு ஒரு போட்டோத் தாளைச் சேர்த்து வைத்து வெளிச் சத்திற் காட்டப்படும். அந்தத்தாள் மறுபடியும் இருட்டறையிலே விளக்கிய பின்னர் பதிவு செய் யப் பட்டுக் கழுவி உலர்த்தப்படும். இத்தாளிலே நாம் படம் பிடித்த பொருளின் உண்மையான

படிவமொன்று தோன்றும். இதுவே உருவப் படமெடுக்கும் முறை.

இதையும் நமது கண்ணிலேயுள்ளதொரு குறைவையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு சினி



படம் 2.

Principle of silent projector.

1. Mirror
2. Carbon arc lamp
3. Lamp house
4. Film gate
5. Intermittent sprocket.
6. Film
7. Bottom sprocket wheel
8. Bottom spool Box
9. Shutter
10. Objective lens
11. To screen
12. Top loop.
13. Top sprocket wheel
14. Top spool Box
15. Pressure Roller.

மாப் படங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. நாம் ஒரு பொருளைப் பார்த்துக் கொண்டிருக்கும் போதே

அது திடீரென மறைந்து விடுகிறதெனக் கொள் வோம். அப்பொருளுடனே அது நமது கண்ணிலே தோற்றுவித்த புலனுணர்ச்சியும் மறைந்து விடு வதில்லை. அப்பொருளுணர்ச்சி அற்றுப் போவதற்குச் சிறிதளவு தாமதம் ஏற்படுகிறது. இத்தாமதம் ஒரு செகண்டிலே பதினாறிலொரு பங்கு என்று கண்டிருக்கிறார்கள். எனவே, ஒரு பொருள் நமது காட்சியிலிருந்து மறைந்து வீசம் செகண்டுக்குள்ளே மறுபடியும் தோன்றக் கூடு மானால் அப்பொருள் மறைந்து பின்னர் தோன்றியது நமது கண்ணுக்குப் புலப்படாது போய்விடும்.

ஓடிக்கொண்டிருக்கும் மோட்டார் வண்டியைப் படம் பிடித்து எவ்வாறு சினி மாவில் காட்டுகின்றனர் என்பதை இப்பொழுது விளக்குவோம். இதற்கு மோட்டார் வண்டியை வீசம் செகண்டிற்கு ஒரு போட்டோப் பட மாக்கத் தக்க காமிராவைக்கொண்டு ஒரு நீண்ட படலச்சுருளிலே பிடிப்பார்கள். பின் இச்சுருளி லுள்ள படம் ஒரு வீச்சு விளக்கினுதவியால் ஒரு திரையிலே விரிந்து காணுமாறு செய்யப்படும். இப்போது செகண்டிற்குப் பதினாறு படங்கள் நழுவி வரும்படி படலச் சுருளின் முனையைப்

பிடித்து இழுத்தால் வெவ்வேறு படங்கள் திரையிலே அடுத்தடுத்து விழுவதால் ஒரே குழப்பமாக இருக்கும். ஆனால் ஒரு படம் நகர்ந்து மற்றொரு படம் வருவதற்குள் இடையிலே வெளிச்சத்தை மறைத்துவிட்டால் இக்குழப்பம் நேராமல் படத்திலே மோட்டார் வண்டி ஓடுவதுபோலவே தெரியும். இதுவே சினிமா மௌனப் படமாகும்.

2-ஆம் படத்திலிருந்து இதன் செயல் முறையை நன்குணரலாம். படலச்சுருள் மேலேயுள்ள கண்டிலிருந்து சுழன்று வந்து கீழேயுள்ள கண்டிலே சுற்றப்படுகிறது. இடை வழியிலே இது ஒரு வீச்சு விளக்கின் முன், முள் சக்கரங்களின் உதவியால் மேலிருந்து கீழே செலுத்தப் படுகின்றது. நடுவிலுள்ள முள் சக்கரமே வீசம் செகண்டிற் கொருமுறை தெறித்துப் படத்தை இழுக்கிறது. விளக்கின் ஒளி படலத்தில் விழுந்த பின்னர் ஒரு வில்லை அமைப்பின் வழியாகச் சென்று தூரத்திலுள்ள் திரையிலே விழுகிறது. வில்லை யமைப்பின் வாய்க்கு முன்னே ஒரு மூடி நிற்கிறது. இதற்கு இரண்டு கைகள் உண்டு. இம்மூடி செகண்டிற்கு எட்டு முறை சுழலும். அதனால் அதன் கைகள் செகண்டிற்குப் பதினாறு

முறை ஒளியை மறைக்கும். இது ஒளியை மறைக் கும் போதெல்லாம் படலம் நழுவி அடுத்த படம் வந்து நிற்கும். அதற்குள் மூடி திறந்துவிடுவ தால் அப்படம் திரையிலே விழும். இவ்வாறு அடுத்தடுத்துப் படங்கள் செகண்டிற்குப் பதி ஞறு வீதம் திரையின்மீது விழுவதால் படம் மாறுவது நமது கண்ணுக்குப் புலனுவதில்லை. இப்படங்கள் முறையே மோட்டார் வண்டியின் வெவ்வேறு நிலைகளைக் காட்டுவதால் நாம் படத்திலே மோட்டார் வண்டி தொடர்ந்து ஓடு வதுபோலவே காண்கிறோம். இவ்வாறு ஒளிப் பதிவு செய்யப்பட்டு மீண்டும் காட்டப்படுகிறது.

14. பேசும் சினிமாப் படங்கள்

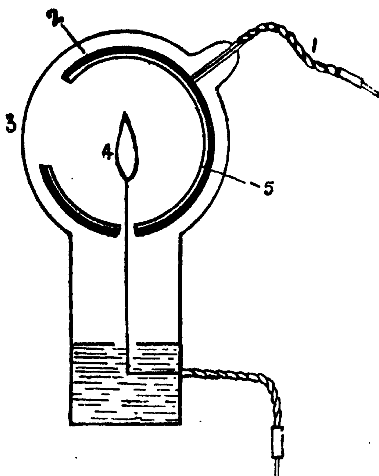
சினிமாவில் மௌனப் படங்களே வெகு காலம் வரையில் வழங்கி வந்தன. இவற்றின் தத்துவத்தை முன் கட்டுரையில் விளக்கினோம். இப்படங்களில் ஒளியைப் பதிவு செய்து மீண்டும் காட்டப்படுகின்றது. அது போன்று வெகு நாட்கள் முன்பாகவே ஒலியைக் கிராம போன் முறைப்படி பதிவு செய்யும் வழியை விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள். இவ்விரண்டும் ஒன்றுகூடிய பேசும் படங்கள் ஏன் அப்பொழுதே இது பிரபலமாகவில்லை என்று தோன்றலாம். இதற்குக் காரணங்கள் பல. முதல் காரணம் இவ்விரண்டையும் லயப்படுத்துவதில் உண்டான தொல்லைகளாகும். படம் பிடிக்கப்படும் அங்க சேஷ்டைகளுக்குரிய ஒலி பேதங்களை ஒளிப்பதிவு பெறுகின்ற அதே சமயத்தில் பதிவு செய்து, காட்டும்போதும் படலத்தையும் இசைத் தட்டையும் முன்னிருந்த வேகத்துடனேயே ஓடச் செய்தால்தான் இரண்டிற்கும் ஒற்றுமை ஏற்படும். மற்றும், இவ்

விரண்டும் வேகத்திலொன்றுபட்டால் மட்டும் போதாது. துவக்கத்திலும் ஒன்றுபடவேண்டும். இதைச் செய்வது மிகக் கடினம். இருந்தாலும் இம்முறையைச் சிறிதுகாலம் வரையில் கையாண்டு வந்தார்கள்.

நிற்க, வெவ்வேறு யானங்களில் ஒலியையும் ஒளியையும் பதிவு செய்வதைக் காட்டிலும் ஏன் இரண்டையும் ஒரே யானத்தில் பதிவு செய்யக் கூடாது என்று ஆலோசித்தார்கள். ஆனால் சினிமாப் படங்கள் எடுக்கப்படும் "செலு லாயிடு" படலங்களில் கிராமபோன் முறைப்படி ஒலியைப் பதிவு செய்ய முடியவில்லை. இதை நிவர்த்திக்க ஒரு வழி கண்டு பிடித்தார்கள். இதில் ஒலி, ஒளிப்படம் பிடிக்கும் முறையில் பதிவு செய்யப்பட்டது. அதாவது ஒளியும் இருளும் வெவ்வேறு அளவிலே கலந்து நின்ற போது வெவ்வேறு அடுக்கமும் (Frequency) முழக்கமும் (Intensity) கொண்ட ஒலி உண் டாகுமாறு ஏற்பாடு செய்யப்பட்டது. இதற்குச் சாதனம் நெடுநாள் வரையில் கண்டுபிடிக்கப் படாமல் இருந்ததால்தான் மௌனப் படங்கள் வெளிவந்த நெடு நாளைக்குப் பின்னர்தான் பேசும் படங்கள் வெளிப்படுவது சாத்திய

மாயிற்று. இந்தச் சாதனமே ஒளியியல் மின் கடம் (Photo-electric cell) எனப்படும். அதைச் சற்று விசாரிப்போம்.

ஒரு சாமானிய மின் விளக்குக் குமிழைப் போன்றதொரு குமிழின் நடுவிலே ஒரு மெல்லிய உலோகக் கம்பி தலையிலே ஒரு வளையத்தோடு நிற்கின்றதைப் படத்தில் (படம் 1) காணலாம்.



படம் 1.

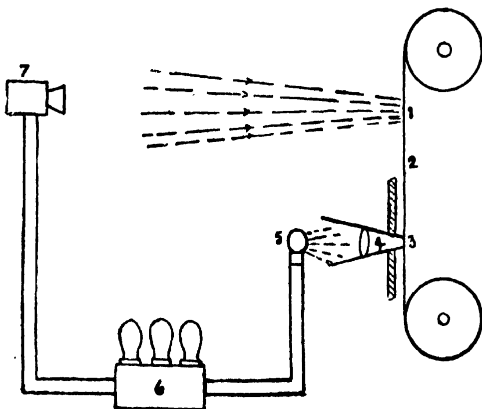
Diagram of Western Electric Photo-Electric cell.

1. Flexible lead
2. Silver Coating
3. Window
4. Anode
5. Cathode of Potassium Hydride layer

இது மின் மிகைத் துருவமாகக் கொள்ளப்படும். இதைச் சூழ்ந்து குமிழின் உட்புறத்தை ஒட்டிக் கண்ணுடியில் ஒரு வெள்ளிப் படலம் பூசப்பட்டிருப்பது தெரிய வரும். அதற்குமேல் "பொட்டாஸியம் ஹைட்ரைட்" (Potassium hydride) என்னும் மற்றொரு உப்புப் படலம் ஒட்டி நிற்கிறது. இந்தப் படலத்தின்மீது விழும் ஒளியின் அளவுக் குகந்தவாறு அதன் மின்னியல்பு மாறுபடும். இதுவே குறைத்துருவமாகும். இரண்டு துருவங்களோடும் நெகிழக்கூடிய உகைவிகள் .(Conductors) பிணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. குமிழின் முன் புறத்திலுள்ளதொரு சந்தின் வழியாக வெளிச்சம் குறைத் துருவத்தின்மீது விழ, அவ் வெளிச்சத்தின் உறைப்புக்குத் தகுந்தவாறு அதிலிருந்து மின்னுருக்கள் (Electrons) வெளிப்பட்டு மிகைத்துருவத்திலே மோதி ஒரு அருவியை உண்டாக்கும்.

மேற்கூறிய இவ்வொலிப் பதிவு இரண்டு முறைகளிலே செய்யப்படுகின்றது. ஒன்று "மாறியல் செறிவு" (Variable-density) என்றும், மற்றொன்று "மாறியல் அகலம்" (Variable width) என்றும் கூறப்படும். முதல் முறையில் ஒலியின் முழக்கம் ஒரே அகலம்

கொண்ட ஒளிக் கற்றையின் உறைப்பினுல் காட்டப்படும். ஒலியின் அடுக்கம் (Frequency) ஒளிவரைகளின் நெருக்கத்தால் குறிக்கப்படும். இரண்டாவது முறையில் ஒளிக் கற்றையின் உறைப்பு மாருதிருக்க அதன் அகலம் ஒலி களுக்குத் தகுந்தவாறு மாறும். அதாவது இதி லுள்ள அலேகளின் நெருக்கம் ஒலியின் அடுக் கத்தைக் காட்டும். இப்பொழுது படத்தில்

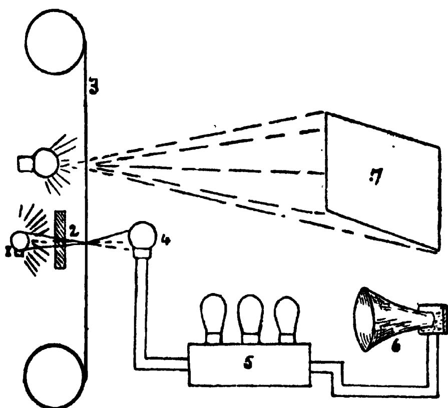


படம் 2.

Recording a sound film.

1. Photograph
2. Film Negative
3. Sound Photograph
4. Lens
5. Sensitive lamp bulb
6. Valve amplifier
7. Microphone

(படம் 2) காணப்படும் "மைக்"கின் முன்னுல் ஒருவர் பேசுவதாகக் கொள்வோம். அவர் ஒலிக்குத் தகுந்தவாறு மைக்கில் செல்லும் மின்னுருவி மாறுதலடைகின்றது. அம்மாறுதல் மின்னுருத் தாழ் பெருக்கி (Thermionic valve amplifier) யினுல் பெருக்கப்படுகின்றது.



படம் 3

Showing a sound film.

1. Exciting lamp
2. Slit
3. Film
4. Photo-electric cell
5. Valve amplifier
6. Loud speaker
7. Screen

பின்னர் அதைக்கொண்டு, ஒரு விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளிக் கற்றையை அதற்குத் தகுந்தவாறு

மாறும்படி செய்து படலச் சுருளின் ஓரத்தில் பதிவு செய்யப்படுகின்றது. சுருள் சுமார் ஒரு அங்குல அகலமிருக்கும். அதில் பத்தில் ஒன்பது பாகத்தைப் படத்திற்கும், மிகுதியை ஒலிக்கும் உபயோகப்படுத்திக் கொள்வார்கள்.

இனி, பேசும் படங்களைக் காட்டும் முறையை விவரிப்போம். (படம் 3.) படமும் ஒலியும் பதிவு செய்யப்பட்ட படலச் சுருள் மேல் கண்டிலிருந்து கீழ் கண்டிற்கு வருகின்றது. முதலில் படத்தின்மீது வீச்சு விளக்கின் ஒளி குவிக்கப்பட்டு அதன் படிவம் திரையின்மீது விழுகிறது அதற்குக் கீழே மற்றொரு விளக்கு இருக்கிறது. இதன் வெளிச்சம் சிறியதொரு சந்தின் வழியாகப் படத்திலேயுள்ள ஒலிப் பதிவின்மீது விழுந்து, பின்னர் அதை யடுத்துள்ள ஒளியியல்—மின் கடத்தின் (Photo-electric cell) மீது விழ, அதிலேற்படும் மின்னியல் துடிப்புகள் ஒரு மின்னுருத்தாழ் பெருக்கியின் வழியாக ஒலிப் பெருக்கியை (Loud speaker) அடைந்து ஒலியை வெளியிடுகின்றது. ஒலிப் பெருக்கித் திரையின் பின்னால் வைக்கப்படுவதால் படங்கள் பேசுவதுபோல் தோன்றுகின்றன. இதுவே பேசும் படங்களின் பௌதிக தத்துவமாகும்.

15. ஸர் சி. வி. ராமன் ஒளி

ஒளி என்னும் சொல்லை இரண்டு விதமான பொருள்களில் வழங்குவதுண்டு. ஒன்று கண்ணிலே உண்டாகும் புலன் உணர்ச்சி. மற்றொன்று புலனுக்கு விஷயமாகிய பொருள். பௌதிகவியலில் பெரும்பாலும் இந்த இரண்டாவது அர்த்தமே கையாளப் பட்டு வருகின்றது. ஒரு பொருளிலிருந்து புறப்பட்டு வரும் ஒளி நமது கண்ணிலே படும்போது அப் பொருள் நமது கண்ணுக்குப் புலனாகிறது என்று சொல்லுகிறோம். பொருள்களில் சிலவற்றை சுயம்பிரகாச மான பொருள்கள் என்றும் மற்றதை சுயம்பிர காசமில்லாத பொருள்களென்றும் கூறுவது வழக்கம். அதன் கருத்து என்னவெனில், சுயம் பிரகாசமான பொருள்கள் தாமே வெளியிடும் ஒளியினால் புலப்படுகின்றன; மற்றப் பொருள்கள் அவைகளின் மீது விழும் ஒளியைச் சிதறச் செய்து அவ்வாறு சிதறிய ஒளி நமது கண்ணிலே படுவதால் நமக்குப் புலனாகின்றன என்பதுதான். சூரியனிடமிருந்து வெப்பம், வெளிச்சம் ஆகிய

இரண்டையும் நாம் பெறுகிறோம். இவை யிரண்டும் கிரணங்களாகவே நம்மை வந்தடை கின்றன. இந்தக் கிரணங்களெல்லாம் பிரபஞ்ச மெங்கும் வியாபித்திருக்கும் (Ether) விசும்பி லேற்படும் அலைகள் என்று சொல்லுவார்கள்.

குளத்திலே ஒரு கல்லை விட்டெறிந்தால் அது விழுந்த இடத்திலிருந்து அலைகள் தோன்றி நீர்ப் பரப்பு முழுவதும் பரவுகின்றதை எல்லோரும் பார்த்திருக்கலாம். சிறிது நேரத்திலே இவை அடங்கி விடுகின்றன. ஆனால், ஒரு குச்சியைத் தண்ணீரில் முழுக்கி அதை ஆட்டிக்கொண்டே இருந்தால் அலைகள் விடாமல் உண்டாகிப் பரவிக் கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். தண்ணீர்ப் பரப்பின் மீது ஒரு சிறு கெட்டித்துண்டை மிதக்கவிட்டால் அதனடியில் அலைகள் செல்லும் போது அத்துண்டு மேலுங் கீழுமாக ஆடுவதைக் காணலாம். ஆனால் அது தன்னிடத்தை விட்டுச் சிறிதும் நகர்ந்து செல்லுவதில்லை யென்பதையும் பார்க்கலாம். இதனால் ஒரு உண்மை வெளிப் படுகிறது. அதாவது அலைகள் நாற்புறமும் பரவிச் சென்றாலும் தண்ணீர் அவ்வாறு பரவி ஓடுகிறதில்லை என்றும், ஒவ்வொரு நீர்த் துளியும் தானிருக்கும் இடத்திலேயே நின்றுகொண்டு

மேலுங் கீழுமாக மட்டுமே ஆடுகின்றது என்பதே. ஒவ்வொரு துளியும் ஒரு செண்டிலே இயற்றும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை அந்த அலையின் (Frequency) அடுக்கம் என்று சொல்லுவார்கள். நீர்ப்பரப்பில் ஒரே மாதிரியாகத் துடிக்கும் இரண்டு அடுத்தடுத்துள்ள துளிகளிடைப்பட்ட தூரத்தை அலையின் நீளம் என்று கொள்ளு வார்கள்.

மேற் கூறிய நீர் அலைகளைப்போல ஒளிக் கிரணங்களெல்லாம் விசும்பில் ஏற்பட்ட அலைகள் என்றும், இவ்வலைகள் மின்காந்த இயல்பு வாய்ந் தன வென்றும் காட்டப்பட்டன. தவிர, வெப்ப அலைகள், (Radio Waves) ரேடியோ அலைகள், X - கிரணங்கள் எல்லாம் ஒளி அலைகளைப்போல மின்காந்த அலைகளே என்றும், அவைகளுக்குள்ள வேற்றுமை "அலைநீளத்தி" லேற்பட்ட வேற்று மையே ஒழிய வேறில்லை என்றும் அறியப் பட்டது. இம் மின்காந்த அலைகள் மாறுத ஒரே கதியோடு செல்லுகின்றன. இந்த கதி ஒரு செகண்டிற்கு *1,86,000* மைல் ஆகும்.

சூரிய வெளிச்சத்திலே இருக்கும் ஒரு பொருளை முப்பட்டைக் கண்ணுடி வழியாகப் பார்த்தால் அப்பொருளின் விளிம்புகளிலே பல

வர்ணங்கள் தோன்றுவதைப் பார்க்கலாம். இதிலே தோன்றும் நிறங்களின் வரிசை வான வில்லில் உள்ளதைப் போலிருக்கும். ஒரு இருண்ட அறையினுள்ளே ஒரு சிறு துவாரத்தின் வழியாகச் சூரியனது ஒளியைப் புகச்செய்து அந்த ஒளிக்கற்றையின் வழியிலே ஒரு முப்பட்டையையும், அதன்பின் ஒரு திரையையும் வைத்து, நியூட்டன் என்னும் பேரறிஞர் திரையின் மீது பல வேறு நிறங்களைக் கொண்டதொரு நீண்ட ஒளிப்பட்டையை (Spectrum) முதன் முதலில் அடைந்து காட்டினர். இப்பட்டையின் ஒரு முனையில் செந்நிறமும், மற்ருெரு முனையில் ஊதா நிறமும், இவற்றினிடையே ஆரஞ்சு, மஞ்சள்,பச்சை, நீலம், அவுரி முதலிய பலவேறு நிறங்கள் தோன்றுவதைக் கண்டுணர்ந்தார். அதாவது வெண்ணிறமான சாமானிய ஒளி பலவேறு நிறங்களைக்கொண்ட ஒளிகளின் சேர்க்கை என்று காட்டினர். இதிலிருந்து ஊதா முதல் சிகப்பு வரையில் உள்ள ஒளி மட்டுமே நம்முடைய கண்ணுக்குப் புலனுகிறது என்று அறிகின்ருேம். இந்த இரண்டிற்கு முள்ள ஒவ்வொரு ஒளிக்கும் அதற்குத்தகுந்த "அலைநீளம்" ஒன்றுண்டு என்று அறியலாம்.

சூரியன் உதயமாகும் போதும், அஸ்தமனமாகும் போதும் செந்நிறமாகத் தோன்றுவதை எல்லோரும் பார்த்திருப்பார்கள். இதன் காரணம் என்னவெனில் சூரியன் அவ்வாறு தாழ்ந்திருக்கும் பொழுது அதனுடைய கிரணங்கள் பூமிக்குச் சற்று உயரம் வரையில் வியாபித்திருக்கும் பவனத்தில் (Atmosphere) வெகு தூரம் வந்து நம்மை அடைய வேண்டியிருக்கிறது. அதன் பொருட்டு அதிலிருந்து வரும் வெண்ணிறமான ஒளி பவனத்திலிருக்கும் துகள்களில் மோதுண்டு சிதறப் படுகின்றது. வெண்ணிறமான ஒளியில் அடங்கியுள்ள எல்லா வர்ண ஒளிகளும் ஒரே அளவாகச் சிதறப் படுவதில்லை. அவைகளில் செந்நிற ஒளியைத் தவிர மற்ற ஒளிகளனைத்தும் நாம் பார்க்கும் திசைக்கு அப்புறமாகச் சிதறப் படுவதால் நமக்குச் சூரியனுடைய பிம்பம் செந்நிறமாகத் தோன்றுகிறது என்று அறியப்பட்டது. கடல் நீரும், ஆகாயமும் நீலநிறமாகத் தோன்றுவதும் இதேகாரணம் பற்றித்தான். பிரதி பலனத்தை உண்டாக்கும் பொருள்களின் அளவைகள், ஒளி அலைகளின் நீளங்களை விடப் பன்மடங்கு அதிகமாக இருக்கும் பொழுதே, சாதாரண பிரதி பலன விதிகள் அனுசரிக்கப்

படுகின்றன. ஒளி மிகச்சிறிய பொருள்களைத் தாக்கும் பொழுது பிரதிபலன நிகழ்ச்சிகள் வேறுபடுகின்றன. எனவே இதற்கு ஒளிச்சிதறல் எனப் பெயரிட்டார்கள். பவனத்துகள்களினால் முதலில் சூரியனுடைய ஒளியில் ஊதாப்பகுதியும், அவுரிப் பகுதியும் சிதறப்படுகின்றன. எஞ்சிய பகுதி மறுபடியும் சிதறப்பட்டு நீலநிற ஒளியைத் தவிர மற்றெல்லா நிற ஒளிகளும் நீக்கப்படுகின்றன. அதனால் தான் ஆகாயம் நீலமாகத் தோன்றுகிறது என்று அறியப் பட்டது. பவனத்துகள்கள் அனைத்தும் பெரியதாகவே இருக்குமானால் வெண்ணிற ஒளியில் ஒரு மாறுதலும் உண்டாகாமல் ஆகாயம் வெண்ணிற மாகவே தோன்றும். நீர்ப்பரப்பில் ஆகாயம் பிரதிபலனம் அடைவதால் கடல் நீருக்கும் இந்நீலநிறம் ஏற்பட்டதென்று முதலில் கருதிவந்தார்கள். ஆனால் கடல் நீர் ஆகாயத்தைக் காட்டிலும் அதிக நீலநிறத்துடனிருப்பதிலிருந்து இச்சமாதானம் உண்மையல்லவென்று உணர்ந்தார்கள். இவ்விடமும் நீர்த்துகள்களில் ஒளி சிதறுண்டு நீலநிற ஒளி மட்டுமே நம்மை அடைகின்றது என்று அறியப்பட்டது. இது சம்பந்தமாக ஸர். சி. வி. ராமன் கல்கத்தாவிலிருக்கும் பொழுது அவருடைய ஆய்வு சாலை

யில் (Laboratory) சில வருஷங்கள் ஆராய்ச்சிகள் நடத்தி வந்தார். அவ்வாறு செய்து கொண்டு வருகையில் 1928-ஆம் வருஷத்தில் ஒரு அதிசயத்தைக் கண்டு பிடித்தார். அது பற்றி அவருடைய புகழ் உலக முழுதும் பரவினதன்றி நம் நாட்டின் மதிப்பும் அயல் நாடுகளில் வெகுவாக உயர்ந்தது. அவர் அறிவு வளர்ச்சிக்குச் செய்த பேருதவி ஒரு புறமிருக்க, அடிமையாக விருக்கும் நம் நாட்டின் செல்வாக்கை உயர்த்தினதைத் தான் நாம் அதிகம் பாராட்ட வேண்டும்.

ஒளி சில பொருள்களின் வழியாகத்தான் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடும். இவை தெளிப்பொருள்கள் (Transparent) எனப்படும். ஒரு தெளிப் பொருளில் மிகப் பிரகாச முள்ளதும், ஒரே "அலைநீளம்" கொண்டதுமான ஒளிக்கற்றை ஒன்றைப் புகவிட்டார். அவ்வாறு ஒளி புகுத்தப் பட்ட அப்பொருளிலிருந்து வரும் ஒளியைப் பரிசோதித்துப் பார்க்கையில் அது வேறு "அலைநீளம்" கொண்டிருப்பதைக் கண்டார். அப்பொருளின் (Molecules) மூலகங்கள் தான் இந்த மாறுதலைச் செய்திருக்க வேண்டுமென்று அறிந்தார். பன்முறை சோதனைகள் நடத்தித் தான் கண்டதை உறுதிப்படுத்திக் கொண்டார்.

அவர் 1928-ம் வருஷம் மார்ச் மாதம் 16-ம் தேதி யன்று பங்களூரில் "தென்னிந்திய ஸயன்ஸ் அஸோஸியேஷன்" மேடையில் பேசும்பொழுது இதை வெளியிட்டார். உடனே இச்செய்தி எங்கும் பரவிற்று. அமெரிக்கா நாட்டிலுள்ள பிரபல விஞ்ஞானியான "ஆர். டபிளியூ. வுட்" என்பவர் முதன் முதலில் ராமன் கண்டுபிடித் ததைப் பரிசோதித்து அது சரியென்று உலகத் துக்கு நிரூபித்துக் காட்டினர்.

இவ்வாறு தெளிப் பொருளினல் உண்டு பண்ணப்பட்ட ஒளி, அப்பொருளைச் சார்ந்தி ருக்கிற தென்றும், எல்லாப் பொருள்களும் தத்தமக்குரிய ஒளியை உண்டுபண்ணுவதாகவும் அறியப்பட்டது. அதாவது இந்தப் புதிய ஒளி பொருள்களின் அறிகுறியாக இருப்பது தெரிய லாயிற்று. அத்தகைய ஒளியை இவர் கண்டு பிடித்ததின் பொருட்டு அதற்கு "ராமன் ஒளி" என்று பெயரிடப்பட்டிருக்கிறது. அதற்காக அவருக்கு நோபல் பரிசும் தரப்பட்டது. பதார்த்தங்களின் மூலகங்களைப் பற்றிய விஷய ங்களை அறிவதற்கு இவர் கண்டுபிடித்த ஒளி பெரிதும் பயன்பட்டு வருகின்றது.

16. ராண்ட்ஜன் ஒளி

வெகு நாள் வரையிலும் ஒளி என்பது கண்ணுக்குப் புலனுகும் ஒளி ஒன்று மட்டுமே என்று கருதப்பட்டு வந்தது. கண்ணுக்குப் புலனுகாத கிரணங்கள் அனேக மிருப்பதை நாளடைவில் விஞ்ஞானிகள் கண்டறிந்தார்கள். இக்கிரணங்களெல்லாம் விசும்பிலேற்படும் மின் காந்த அலைகளே யென்றும், அவைகளின் வேற்றுமை அலை நீளத்தில் ஏற்பட்ட வேற்றுமையே என்றும் அறியப்பட்டது. இப் பலவேறு வகைப்பட்ட மின்காந்த அலைகளை அவற்றின் அலை நீளங்களுக்கும், அடுக்கங்களுக் கும் (Frequencies) தகுந்தவாறு தொகுத்துக் காட்டுவதற்கு மின்காந்த நிறமாலை (Electro-magnetic Spectrum) எனப் பெயர். அகச் சிகப்புக் கிரணங்களென்ன, புற ஊதாக் கிரணங் களென்ன, விண்ணியல் கிரணங்களென்ன, காமா கிரணங்கள் என்ன இவைகளெல்லாம் அந்நிற மாலையில் அடங்கி இருக்கின்றன. அம்மாலையின் ஒரு பகுதியாகிய எக்ஸ்-கிரணங்கள் என்று

சொல்லப்படும் ராண்ட்ஜன் ஒளியைப் பற்றி இக்கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

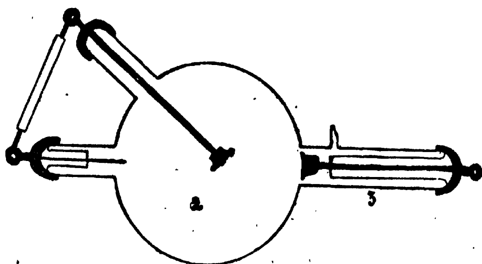
ஒரு நீண்ட கண்ணுடிக் குழாயினுள் அதன் இரண்டு முனைகளிலும் இரண்டு அலுமினியத் துருவங்களை (Electrodes) அமைத்து அவைகளின் வழியாக மின் பாய்ச்சலை ஏற்படுத்தி, அக்குழாயினுள்ளிருக்கும் காற்றை ஒரு இறைவியினுதவியால் வெளிப்படுத்திக் கொண்டே சென்ருல், அக்குழாயினுள்ளிருக்கும் வாயுவின் இயல்புக்குத் தகுந்தவாறு அக்குழாய் முழுவதும் ஒரே பிரகாசமாகத் தோன்றும். அடைப்பட்டிருக்கும் வாயுவின் இறுக்கம் நன்ருகக் குறைந்தவுடன் பிரகாசம் முற்றிலும் மறைந்துவிட இப்போது குறைத்துருவத்திலிருந்து கண்ணுக்குப் புலப்படாத ஒரு கிரணக்கற்றை மிகைத்துருவத்தைச் சென்று தாக்கும். இக்கிரணங்களே குறைத்துருவக்கதிர்கள் அல்லது குறைக் கதிர்கள் (Cathode Rays) எனப்படும். இக்கதிர்கள் சிறு துகள்களாலானவை என்று கண்டு அவற்றிற்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) எனப் பெயரிட்டவர் ஜே. ஜே. தாம்ஸன். தவிர இக்கதிர்களின் மற்றச் சிறப்பு இயல்புகளையும் கண்டறிந்தார். இக்குறைக்கதிர்கள் குழாயின்

பக்கங்களில் மோதும்போது பசுமையான வெளிச்சம் ஒன்று தோன்றுகிறது.

'ராண்ட்ஜன்' என்பவர் 'ஊர்ஸ்பர்க்' என்னும் நாட்டில் இவ்வாராய்ச்சியைச் செய்து கொண்டிருக்கும்போது இக்குறைக்கதிர்களுடனே அல்லது இப்பசுமையான வெளிச்சத்துடனே கண்ணுக்குப் புலப்படாத வேறு கிரணங்கள் வருகின்றனவா என்று பரிசோதிக்கத் தொடங்கினர். அதற்கு ஒரு இருட்டறையில் மேற்சொன்ன குழாயை ஒரு கறுப்புக் காகிதத்தினுல் ஒளி இறுக்கமாக மூடினர். அதன் பக்கத்தில் பேரியம் பிளாடினே ஸைனைட் (Barium Platino-cynide) பூசிய தட்டு ஒன்றை வைத்தார். அப்பொழுது அத்தட்டிலிருந்து பசுமையான வெளிச்சம் ஒன்று வெளி வருவதைக் கண்டார். இச்சோதனையைப் பன்முறை செய்து முற்றிலும் மூடப்பட்ட அக்குழாயிலிருந்து வரும் சில கிரணங்களால்தான் இத்தட்டு பாதிக்கப்படுகின்றது என்று அறிந்தார். இக்கதிர்களின் இயல்புகளை அவர் முற்றிலும் அறியாததால் அதற்கு எக்ஸ்-கிரணங்கள் என்று பெயரிட்டார்.

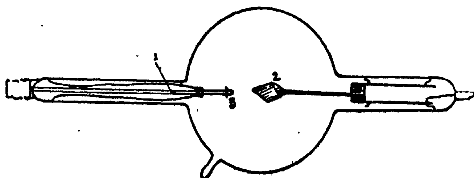
மிகுந்த வேகத்துடன் செல்லும் மின்னுருக்கள் பதார்த்தங்களில் மோதுண்டு தடுக்கப்படுவதால்தான் இக்கிரணங்கள் ஏற்படுகின்றன என்று அறியப்பட்டது. ஆகையினால் இக்கிரணங்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு மிகுந்த பாழ்மையுள்ளதும் இரண்டு துருவங்களுடனும் கூடியதும் ஆன ஒரு குழாய் வேண்டும். அலுமினியத்தாலாகிய இத்துருவங்களினிடையே மின் பாய்ச்சலை ஏற்படுத்த அதிகமான மின்னியக்க சக்தி கொண்ட சாதனம் ஒன்று வேண்டும். குறைக் கதிர்களைத் தடுப்பதற்கு எதிர் குறைமுனை (Anticathode) என்று கூறப்படும் மற்றொரு தட்டுக் குழாயினுள்ளிருக்கும். இது மிகை முனையுடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். தவிர குறை முனை குடில வடிவாக இருக்கும். இதனால் இதிலிருந்து வெளிப்படும் குறைக் கதிர்களெல்லாம் குவிந்து சென்று எதிர் குறை முனையில் மோதும். அதிலிருந்து எக்ஸ்-கிரணங்கள் வெளிப்பட்டுக் குழாயின் சுவர் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லும். எதிர் குறை முனை சீக்கிரம் சூடேறி உருகிவிடுமாதலால் அதிக உருகு நிலைச் சூட்டைக்கொண்ட உலோகத்தையே எதிர் குறை முனையாக உபயோகிப்

பார்கள். இக்குழாயை உபயோகிப்பதில் சில தொல்லைகள் உண்டு. இதில் அருவியை உண்டாக்கும் மின்னியக்க சக்தியை மாற்றுவதற்கு குழாயிலிருக்கும் வாயுவின் இறுக்கத்தை மாற்ற வேண்டும். இதைச் செய்வது சற்று சிரம சாத்தியமானது. "கூலிட்ஜ்" என்னும் விஞ்ஞானி இத்தொல்லையை நிவர்த்தி செய்து ஒரு புதிய குழாயை நிர்மாணம் செய்தார். இதில் மின்னுருக்கள் மற்றொரு விதத்தில் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இதற்கு "டங்ஸ்டன்" என்னும் உலோகச் சுருளின் மூலமாக ஒரு மின்னருவியைச் செலுத்த அது சூடு அதிகரித்துத் தானுகவே மின்னுருக்களை வெளிவிடுகின்றது. இச்சுருளின் மூலம் செல்லும் அருவியை



A simple type of focus bulb showing the various electrodes
1. Anode 2. Anticathode
3. Cathode.

விரும்பியபடி மாற்றுவதால் வெகு சுலபமாகக் குழாயில் செல்லும் மின்னருவியைக் கட்டுப் படுத்த முடிகின்றது. இக்குழாய் மிகுந்த



Coolidge X-ray tube.

1. Heating leads for hot spiral Cathode.
2. Heavy Tungsten Anticathode.
3 Tungsten spiral Cathode.

பாழ்மையைக் கொண்டிருப்பதால் மிகுந்த சக்தி வாய்ந்த எக்ஸ்-கிரணங்களைப் பெற முடிகின்றது.

சாமானிய ஒளிக்கிரணங்களைப்போல இவை பிரதிபலனம் ஆவதில்லை. வில்லைகளாலும் முப்பட்டைகளாலும் கோட்டமடைவதில்லை. எனவே இவை அதினின்று முற்றிலும் வேறுபட்டனவென்று கருதினார்கள். ஆனால் 1912-ம் ஆண்டில் 'லவே' என்னும் அறிஞரும், பின்னர் "பிராக் சகோதரர்கள்" என்னும் அறிஞர்களும் இக்கிரணங்கள் சாமானிய ஒளிக்கிரணங்கள் போன்று மின் காந்த அலைகளே என்றும் ஆனால் அவற்றின்

அலை நீளம் மட்டும் மிகக் குறுகியதென்றும் கண்டார்கள். அவற்றின் அலை நீளம் சாமானிய ஒளிக்கிரணங்களின் அலை நீளத்திலே சுமார் ஐயாயிரத்திலொரு பங்கு கொண்டன. பொருள் களிலே அணுக்களினிடைத் தூரம் ஏறக்குறைய இதே அளவு கொண்டது. இதனால் இவை அவைகளின் மூலம் எளிதாக ஊடுருவிச் சென்று விடுகின்றன. இதை வைத்தியத் துறையிலே பெரிதும் பயன்படுத்தி வருகிறார்கள். உடலின் சதை வழியாக இவை ஊடுருவிச் செல்லும். ஆனால் எலும்பின் வழியாக இவை செல்ல முடிவதில்லை. எனவே இக்கிரணங்கள் ஒரு அவிர்ப்புத்திரை (flourescent) யின் மீது விழும் போது, இடையிலே உள்ளங்கையை விரித்துப் பிடித்தால் அத்திரையின்மீது உள்ளங்கையிலும் விரல்களிலும் உள்ள எலும்புகளின் நிழலை மட்டும் நாம் நன்றாகக் காணலாம். ஜீரணக் கோளாறுகளை அறிவதற்கு ஆகாரத்துடன் "பேரியம் ஸல்பேட்" (Barium sulphate) போன்ற உப்பைச் சேர்த்து நோயாளியைச் சாப்பிடச் செய்து, அதன் போக்கைப் படமெடுத்து அறியலாம். ஒடிந்த எலும்பு களைக் காண்பதற்கும், சதையினுள் குத்திச்

சென்று தங்கிவிட்ட ஊசி முனை முதலிய வற்றைக் காண்பதற்கும், குடலினுள்ளகப்பட்ட நாணயங்கள் முதலிய உலோகத் துண்டுகளைக் காண்பதற்கும், இவை போன்ற பல வேறு காரியங்களுக்கும் இக்கிரணங்கள் கையாளப் பட்டு வருகின்றன. மேலும் வியாபாரத் துறையில் நல்முத்து, வைரம் முதலிய இரத்தினங்களைச் சோதிப்பதற்கும், உலோகங்களின் உள்ளிருக்கும் கெடுதல்களை அறிவதற்கும் இக்கிரணங்கள் பயன் பட்டு வருகின்றன.

17. கிரகணங்கள்

ஒரு பிரகாசமான பொருளிலிருந்து புறப்பட்டுவரும் ஒளி நமது கண்ணிலே படும்போது அது கண்ணுக்குப் புலனுகிறது. சுமார் இரண்டு நூற்றுண்டுகளுக்கு முன்னர் ஒளி என்பது பிரகாசமான பொருளிலிருந்து வெளிப்படும் எண்ணற்ற சிறு துகள்களினுல் ஏற்பட்ட உணர்ச்சியே என்று கருதினுர்கள். இத்துகள்கள் செல்லும் பாதைகளை ஒளிக்கிரணங்கள் என்றுர்கள். மேலும் இத்துகள்கள் எல்லாம் மிகுந்த கதியுடன் செல்லுகின்றன என்றும், அதையே நாம் ஒளியின் கதி என்று கூறுவதாகவும் சொன்னுர்கள். இந்த சித்தாந்தத்திற்குத் துகள் சித்தாந்தம் (Corpuscular Theory) எனப் பெயரிட்டார்கள். ஒளிக்கிரணங்களெல்லாம் துகள்களாலானவை யாயின் கிரணங்கள் நேர் கோடுகளிலேயே செல்லவேண்டுமென்று நாம் ஊகிக்கலாம். ஒளிக்கிரணங்கள் நேர் கோடுகளிலேயே செல்லுவதை நாம் அன்றுட வாழ்க்கையில் நிகழும் பல சம்பவங்களி

லிருந்து அறிகிரேம். ஒரே நேர் கோட்டிலிருக்கும் இரண்டு பொருள்கள் ஒன்றையொன்று மறைத்துவிடுவதை இதற்கு ஓர் உதாரணமாகக் கூறலாம். கூரையிலுள்ள சிறு துவாரத்தின் வழியாக அறையினுள் நுழையும் சூரிய வெளிச்சத்தைக் கவனித்தால் இந்நேர்கோட்டுச் செலவு பின்னும் விளங்கும். கிரகணங்களைக்கொண்டு இந்நேர்கோட்டுச் செலவும் ஒளியின் கதியும் எவ்வாறு அறியப்பட்டது என்பதை இக்கட்டுரையில் விளக்குவோம்.

ஒளி சில பொருள்களின் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லும் தன்மை வாய்ந்தது. ஆனால் பொருள்களிற் பெரும்பாலன ஒளியைத் தம்முட் செல்லவொட்டாது தடுத்துவிடுகின்றன. முன்னதைத் தெளி பொருள்கள் (Transparent bodies) என்றும், பின்னதைத் தகை பொருள்களென்றும் (Opaque bodies) கூறுவார்கள். அறையிலுள்ள ஒரு பிரகாசமான விளக்கின் சமீபத்தில் இருக்கும் தகை பொருளின் நிழல் சுவரில் விழுவதைப் பார்க்கிரேம். விளக்கிலிருந்து வெளிவரும் ஒளிக்கிரணங்கள் செல்லும் வழியில் இப்பொருள் நிற்பதால் அக்கிரணங்கள் நேர் கோடுகளிலே செல்வது

தடுக்கப்பட்டுப் பொருளின் வடிவை ஒத்தநிழல் சுவரில் ஏற்படுகிறது என்று உணரலாம். கிரகணங்களெல்லாம் வானவியல் அளவிலே ஏற்படும் நிழல்களாலேயே நிகழ்கின்றன.

பூமி, சந்திரன் இரண்டும் சுயம் பிரகாசமில்லாதவை. சூரியன் ஒளி அவற்றில் விழுவதாலேயே அவைகள் நமக்குப் புலனுகின்றன. பூமி சூரியனைச் சுற்றி ஓடுகிறது. சந்திரன் பூமியைச் சுற்றி ஓடுகிறது. இதனுல் மாத மிரு முறை இம்மூன்றும் ஓரே நேர்க்கோட்டில் வருகின்றன. சூரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையே பூமி இருந்தால் பௌர்ணமி என்றும் சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையே சந்திரன் இருந்தால் அமாவாசை என்று கூறுகிறோம். சில பௌர்ணமி நாட்களிலே சூரியனிடமிருந்து சந்திரன் மீது விழும் ஒளியைப் பூமி தடுத்து விடுகிறது. அதாவது பூமியின் நிழலில் சந்திரன் வந்து விடுவதால் சந்திரன் தனது ஒளியை இழந்துவிடுகிறது. இதைச் சந்திரகிரகணம் என்கிருர்கள். சில அமாவாசை நாட்களில் சந்திரனது நிழலில் பூமியின் ஒருபாகம் வருவதால் அவ்விடங்களிலே சூரியன் ஒளி தடைபட அங்குள்ளவர்களுக்குச் சூரியன் புலப்படாது

போகிறது. இதைச் சூரியகிரகணம் என்கி ருர்கள். ஒவ்வொரு பௌர்ணமியன்று சந்திர கிரகணமும் ஒவ்வொரு அமாவாசையன்று சூரிய கிரகணமும் ஏன் உண்டாகவில்லை என்று நினைக் கலாம். சூரியனைச் சுற்றிப் பூமிவரும் மண்டலத் தின் தளமும் பூமியைச் சுற்றி சந்திரன் வரும் மண்டலத்தின் தளமும் ஒன்ருயிராமல் ஒன்றுக் கொன்று சிறிது சாய்ந்திருப்பதால் பௌர்ணமி அமாவாசை காலங்களிலெல்லாம் சூரியன், பூமி, சந்திரன் மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டில் வராமல் சிறிது விலகிவிடுகின்றன. இதனுல்தான் ஒவ் வொரு பௌர்ணமி அமாவாசையன்றும் கிரக ணங்கள் ஏற்படுவதில்லை.

இப்பொழுது கிரகணங்களைக்கொண்டு ஒளி யின் கதி நிர்ணயிக்கப்பட்ட விதத்தைக் கவனிப் போம். சூரியனைச் சுற்றிப் பூமியைப்போலவே குரு, சனி முதலிய மற்ற கிரகங்களும் ஓடி வரு கின்றன. பூமிக்கு இருப்பதுபோல குருவிற்குச் சந்திரன்கள் அல்லது உபகிரகங்கள் உண்டு. ஆனுல் குருவைச் சுற்றி ஐந்து சந்திரன்கள் ஓடி வருகின்றன. இவைகளும் சூரியனிடமிருந்தே ஒளியைப் பெறுகின்றன. குருவின் ஏதேனு மொரு சந்திரனது கிரகணத்தைக்கொண்டு ஒளி யின் கதியை அளவிடலாம் என்று "ரோமர்"

என்ற வானநூல் விஞ்ஞானி 1676-ஆம் ஆண்டில் காட்டினர். குருவின் நிழலில் அதன் சந்திரன்களில் ஒன்று வரும்பொழுது பூமியிலுள்ள நமக்கு அது புலனுவதில்லை. நிற்க, பூமியும் குருவும், சூரியனைச் சுற்றி அவற்றின் மண்டலங்களிலே ஓடிவரும்போது அவற்றினிடைத் தூரம் ஒரு சமயம் உச்ச மதிப்பையும், மற்ருெரு சமயம் நீச மதிப்பையும் அடைகிறது. முதல் நிலையில் இரண்டு கிரகங்களும் இருக்கும்பொழுது அடுத்தடுத்து ஏற்படும் குருவின் ஏதேனுமொரு சந்திரனது கிரகணங்களின் இடைக்காலம், இரண்டாவது நிலையில் பூமியும் குருவும் இருக்கும்பொழுது அதே சந்திரனது கிரகணங்களின் இடைக்காலத்தினின்று வேருக இருப்பதை ரோமர் கண்டார். மேலும் இரண்டு நிலைகளின் தூரத்தை ஒளி கடப்பதற்கான நேரத்தினளவு முற்கூறிய இடைக்காலங்கள் வித்தியாசப்பட வேண்டுமென்று எடுத்துக் காட்டினர். சூரியனை ஒருமுறை சுற்ற குருவுக்குச் சுமார் பன்னிரண்டு வருஷங்கள் ஆகின்றன. பூமி ஒரு வருஷத்தில் சுற்றிவிடுகிறது. இவ்விரண்டு கிரகங்களின் இடைத் தூரம் நீச மதிப்பிலிருந்து உச்ச மதிப்பாக ஆவதற்குச் சுமார் ஏழு மாதம் ஆகும் என்று அறியப்பட்டது. குருவின்

சந்திரன்கள் குருவை வெவ்வேறு கால அளவு களில் சுற்றிவருகின்றன. குருவுக்குச் சமீபத் திலுள்ள சந்திரனுக்குச் சுமார் 12 மணி நேரம் ஆகின்றதென்றும், தூரத்திலுள்ள சந்திரனுக்கு 16 நாள் ஆகின்றதென்றும் அறிந்தார்கள். மற்ற சந்திரன்களுக்கு இவ்விரண்டிற்கும் நடுவே அவ் வவற்றின் தூரங்களிற்கேற்றவாறு ஆகின்றதென் றும் அறிந்தார்கள். ஏதேனுமொரு சந்திரனுக்கு ஏற்படும் கிரகணங்களை அடுத்தடுத்துக் கண்டு அவற்றின் இடை நேரத்தைக் காணலாம். இதை குருவின் ஒரு சந்திரனுக்கு முன் சொன்ன நிலைகளில் அளந்து 1000 செகண்டுகள் வரை வித்தியாசப்படுவதை ரோமர் அறிந்தார். இரண்டு நிலைகளின் இடைத்தூரம் பூமி சுற்றி வரும் மண்டலத்தின் விட்டம் ஆதலால் அதன் மதிப்பை நாமறிவோம். இது பதினெட்டுக் கோடி அறுபது லக்ஷம் மைல்கள் என்று வான வியல் பரிசோதனையினால் கணக்கிட்டிருக்கிறார் கள். ஆகவே, இந்த தூரத்தை ஒளி ஆயிரம் செகண்டுகளிலே கடந்தது. எனவே, ஒளியின் கதி செகண்டிற்கு ஒரு லக்ஷம் எண்பத்தாறுயிரம் மைல் என்று காண்பித்தார்.

முடிவில் ஒளியின் நேர்கோட்டுச் செலவைப் பற்றிப் பின்னர் அறியப்பட்டதைக் கூறுவோம்.

ஒளிக்கிரணங்கள் பிரகாசமான பொருளி லிருந்து வெளிப்படும் எண்ணற்ற சிறு துகள் களின் பாதைகள் அல்லவென்றும், அவைகள் எங்கும் வியாபித்திருக்கும் விசும்பில் ஏற்பட்ட அலைகளேயாகும் என்றும், யங் (Young) முதலிய விஞ்ஞானிகள் காட்டினார்கள். அதா வது தற்காலம் ரேடியோ நிலையங்களில் ஒலி யைப் பரப்புவதற்கு உபயோகப்படும் மின் காந்த அலைகள்போன்று ஒளி அலைகளும் ஒரு வகை மின்காந்த அலைகளென்று அறிந்தார்கள். இரண்டும் ஒரே கதியுடன் செல்வதை எடுத் துக் காட்டினார்கள். தற்கால ஆராய்ச்சியின் பயனாக ஒளி சிறு துகள்களின் பாதைகளென்ற சித்தாந்தத்தை மறுபடியும் மேற்கொண்டிருக் கிறார்கள். பிரபல விஞ்ஞானியான "ஐன்ஸ் டைன்" சொன்னதுபோல அவசரப்பட்டே விஞ்ஞானிகள் ஒளியின் துகள் சித்தாந்தத்தை முன்பு ஒதுக்கி வைத்ததாகத் தெரிகின்றது. இப் பொழுது அலை சித்தாந்தம், துகள் சித்தாந்தம் இரண்டும் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன.

18. நிறமாலை

பல்வேறு ஒளிக்கற்றைகளை உற்பத்தி செய்து, அவற்றைப் பாகுபடுத்தி அவற்றின் குணங்களைக் கண்டு அறிவதற்கான பௌதிகப் பகுதி **நிறமாலை அளவியல்** (Spectroscopy) எனப்படும். இப்பகுதியின் அஸ்திவாரக்கல்லை முதல் முதலில் நாட்டியவர் நியூட்டன் என்ற பிரபல விஞ்ஞானி ஆவர். வெண்ணிறமான சாமானிய ஒளி பலவேறு நிறங்களைக்கொண்ட ஒளிகளின் சேர்க்கை என்று இவர்தான் முதலில் காட்டினார். ஓர் இருட்டறையினுள்ளே ஒரு சிறு துவாரத்தின் வழியாகச் சூரியனது வெளிச்சத்தைப் புகச்செய்து, அதன் வழியில் ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டை (Prism)யை வைத்து அதன் பின்னால் உள்ள ஒரு திரையின் மீது பல-வேறு நிறங்களைக் கொண்டதொரு நீண்ட ஒளிப் பட்டையை அடைந்தார். இதில் தோன்றும் நிறங்களின் வரிசை வானவில்லில் உள்ளதைப் போல் இருப்பதை உணர்ந்தார். இப்பட்டைக்கு

நிறமாலை (Spectrum) என்று பெயரிட்டார். இப்பட்டையின் ஒரு முனை செந்நிறமாகவும் மற்றமுனை ஊதா நிறமாகவும் இருக்கும். முப்பட்டை ஒளியைப் பிரிக்கின்றதேயன்றி நிறத்தை உண்டு பண்ணவில்லை என்று பரிசோதனையினால் தெளியக் காட்டினார்.

நிற்க, மேற்கொண்டு இப்பகுதியை விஞ்ஞானிகள் ஆராய்வதற்கு நூறு வருஷங்களுக்கு மேலாயின. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் ஸர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் (Sir William Herschel) என்பவர் இந்நிறமாலையின் செந்நிற முனைக்கு அப்பாலும் ஒளிக்கற்றை விழுவதைக் கண்டார். வெப்பக் கிரணங்களின் தன்மையைக் கொண்டிருப்பதை உணர்ந்தார். இக்கற்றைகள் சாதாரண ஒளியைப்போலப் பிரதிபலனமும் கோட்டமும் அடைவதைக் கண்டார். ஒரு வருஷம் சென்ற பின்னர் ரிட்டர் (Ritter) என்ற விஞ்ஞானி ஊதாமுனைக்குக் கீழேயும் ஒளிக்கற்றை விழுவதைப் பரிசோதனையினால் கண்டார். பின்னர் ஓர் அதிசய சம்பவத்தை நிறமாலையில் விஞ்ஞானிகள் கண்டார்கள். சூரிய வெளிச்சத்தினால் ஏற்படும் நிறமாலையில் நடு நடுவே சில இடங்களில் தொடர்பற்றுக் கருங்கோடுகள்

தோன்றுவதை வூல்லஸ்டன் (Wollaston) என்ற பெரியார் கவனித்தார். இதை நுட்பமாக ஆராய்ந்து அறிந்த பெருமை ஜெர்மனி தேசத்துப் பிரான்ஹோபர் (Fraunhofer) என்ற விஞ்ஞானிக்கே உரித்தாகும். அதன் பொருட்டு இக்கோடுகள் அவர் பெயராலேயே வழங்கி வருகின்றன. அவர் நிறமாலையைச் செவ்வனே அடைவதற்குக் கருவியைச் சீர்படுத்தி அமைத்துக்கொண்டு சுமார் 700 வரைகள் அதில் இருப்பதைக் கண்டார். கருவியைச் சீர்படுத்தி அமைத்த பெருமையை விஞ்ஞானிகள் மிகவும் கொண்டாடினுர்கள். வைர ஊசி ஒன்றினுல் மிக நெருக்கமாகச் சிறு கண்ணுடிப் பலகையில் அநேக கீற்றுகள் வரைந்து அச்சாதனத்தைக் கையாண்டார். **பல்கீற்றுப் பளிங்கு** (Plane Grating) என்ற இச்சாதனத்தினுல் நிறமாலையிலுள்ள இக்கருங் கோடுகளின் அலை நீளங்களை அளவிட்டுச் சொன்னுர். ஆனுல் இவ்வரைகள் எவ்வாறு ஏற்பட்டன என்று அவரால் உணர முடியவில்லை. அவருடைய ஆராய்ச்சிகள் வெளிவந்து இருபத்தைந்து ஆண்டுகள் சென்ற பின்னரே 'கிர்ச்சாப்' (Kirchoff) என்பவரும், புன்ஸன் (Bunsen) என்பவரும் இதன் காரணத்தை அறிந்து

காட்டினார்கள். இதைச் சுருக்கமாக இவ்விடம் கூறுவோம்.

ஆவிநிலையில் இருக்கும் ஒவ்வொரு தாதுவும் தனக்குச் சிறப்பியல்பான ஒளி ஒன்றை வெளியிடக் கூடுமென்றும், இதைக் கக்குமாறு செய்யப் பலவேறு வழிகளுண்டு என்றும் அறியப்பட்டது. ஆவி தழலிடப்பட்டபோது தான் தன் சிறப்பியல்பான ஒளியை அது வெளியிடும். இதே நிலையில் தொடர் நிறமாலை கொண்டதோர் ஒளியை இதனுள் செலுத்தி, வெளிவரும் ஒளியைப் பரிசோதித்து, அது தன்னுள் புகுந்த ஒளியினின்றுதான் வெளியிடக் கூடிய ஒளியின் பகுதியைமட்டுமே உட்கொண்டு, மிகுதியை வெளியிடுவதைக் கண்டார்கள். இக்கருத்தைக்கொண்டு பிரான்ஹோபர் வரைகளுக்குச் சமாதானம் கூறினார்கள். ஞாயிற்றினது மத்தியபாகம் ஒரு தழற் பிழம்பாக இருக்கிறதென்றும் இதைச் சூழ்ந்து பலவேறு வாயுக்களும், பல தாதுக்களின் ஆவிகளும் பல்லாயிரம் மைல்வரை பரவி இருக்கின்றனவென்றும் அறியப்பட்டது. ஆனால் இவ்வாயுக்களும் ஆவிகளும் சற்றுத் தாழ்ந்த சூட்டிலேயே இருக்கவேண்டும். பிழம்பு மண்டிலத்திலிருந்து வெளிவரும் வெண்ணிற ஒளி இவற்றின் மூல

மாக வரும்போது இவற்றின் இயல்புக்குத் தகுந்தவாறு சில சில பாகங்கள் அருந்திவிடப் படுகின்றன என்றும், அதனுல் இவற்றை இழந்துவருகிற சூரிய வெளிச்சத்தையே நாம் பரிசோதிப்பதால் அதன் நிறமாலையின் நடு நடுவே பல பாகங்களில் கருங்கோடுகள் தோன்று கின்றனவென்றும் மேற்சொன்ன இரண்டு விஞ்ஞானிகளும் எடுத்துரைத்தார்கள். இதிலிருந்து ஒரு தாதுவின் உண்மையை அறி வதற்கு நிறமாலைப் பாகுபாடு (Spectrum Analysis) மிகச் சிறந்ததொரு சோதனையாக இருப்பதை உணரலாம். பலகோடி மைல் களுக்கு அப்பாலுள்ள நக்ஷத்திரங்களிலே இருக்கும் தாதுக்களையும், சூரியனிலிருக்கும் தாதுக்களையும் இதைக்கொண்டு அறிந்தார்கள். உதாரணமாகச் சூரியனிடத்தே காணப்பட்ட தொரு புதுவகைத் தாது முப்பது ஆண்டு களுக்குப் பின்னரே பூமியில் கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. இந்நூற்றுண்டில் இது சம்பந்தமாக மேன்மேலும் ஆராய்ச்சிகளை நடத்தி அநேக முடிவுகளைக் கண்டறிந்திருக்கிறார்கள். இங்கே நிறமாலையின் பாகங்களின் சிலவற்றைப் பற்றி ஆராய்ந்து அறிந்த முடிவுகளைக் கூறுவோம் :

கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளிக்கிரணங்களைச் செந்நிறமுனைக்கும், ஊதாமுனைக்கும் இடையே பலவேறு நிறங்களாகப் பிரித்து அறியலாம். ஆரஞ்சு, மஞ்சள், பச்சை, நீலம், அவுரி என்ற வரிசை தோன்றும். ஒளி என்பது விசும்பில் ஏற்பட்ட மின்காந்த அலைகளே ஆகும். இவை ஒவ்வொன்றுக்கும் ஓர் அலைநீளம் உண்டு. இந்நீளங்களை "ஆங்ஸ்ட்ராம்" (Angstrom) என்ற அலகிலே எடுத்துரைப்பது வழக்கம். இதன் அளவு ஒரு சென்டிமீட்டரில் பத்துக் கோடியிலே ஒரு பங்கு ஆகும். கண்ணுக்குப் புலனாகும் கிரணங்களின் எல்லைகள் அலை நீளத்தில் சுமார் 4000 ஆங்ஸ்ட்ராமிலிருந்து 8000 ஆங்ஸ்ட்ராம்வரை இருப்பதாக அறிந்திருக்கிறார்கள்.

அகச்சிவப்புக் கிரணங்கள்
(Infra-red Rays)

ஹெர்ஷல் என்னும் அறிஞர் இதைக் கண்டு பிடித்தார் என்று முன்பு கூறினோம். சூரிய வெளிச்சத்தின் நிறமாலையில் பல வேறு இடங்களில் ஏற்படும் சூட்டை அளந்துவரும்போது செந்நிறத்தைத் தாண்டி வெளியே சிறிது தூரத்தில் சூடு அதிகரித்து உச்சநிலையை அடை

வதைக் கண்டார். இங்கே விழும் கிரணங்களை அகச்சிவப்புக் கிரணங்கள் என்பார்கள். இவை கண்ணுக்குப் புலப்படுவதில்லை. இவைகளின் அலைநீளங்கள் சுமார் 7500 ஆங்ஸ்ட்ராமிலிருந்து 10,000 ஆங்ஸ்ட்ராம்வரையில் பரவி இருப்பதாகப் பரிசோதனையினால் கண்டார்கள்.

ரேடியோ கிரணங்கள்

இவைகளும் கண்ணுக்குப் புலனாகா. முன் கூறிய அலைகளைவிட இன்னும் அதிக அலை நீளங்கள் வாய்ந்தவை. இவை ஆகாய மார்க்கமாகச் சமாசாரங்களை அனுப்புவதற்குக் கையாளப்படுகின்றன. இவற்றின் அலைநீளங்கள் கிலோமீட்டர்களிலே எடுத்துரைக்கப்படும்.

புற ஊதாக் கிரணங்கள்
(Ultra-Violet Rays)

நிறமாலையில் ஊதாமுனைக்கு வெளியே இக்கிரணங்கள் தோன்றுகின்றன. இவை போட்டோத் தட்டுக்களை எளிதில் பாதிக்கக் கூடியன. இவற்றைத்தான் ரிட்டர் என்ற விஞ்ஞானி கண்டுபிடித்தார் என்று முன்பு கூறினோம். இவற்றின் அலைநீளங்கள் 3900 ஆங்ஸ்ட்ராமிலிருந்து 300 ஆங்ஸ்ட்ராம் வரையிலுள்ளன.

ராண்ட்ஜன் கிரணங்கள்

மேற்சொன்ன புற ஊதாக்கிரணங்களை விடக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகளை ராண்ட்ஜன் என்பவர் கண்டுபிடித்தார். இக்கிரணங்களுக்கு **எக்ஸ் கிரணங்கள்** என்றும் பெயருண்டு. இக்கிரணங்களின் இயல்பை முதலில் அறிய முடியவில்லை. இக்கிரணங்கள் பிரதிபலனம் அடையாமலும் கோட்டமடையாமலும் இருந்தது விஞ்ஞானிகளைத் திகைக்கச் செய்தன. எனவே, இவை சாமானிய ஒளிக்கிரணங்களினின்றும் வேறுபட்டனவென்று கருதி வந்தார்கள். ஆனால் 1912-ஆம் ஆண்டில் 'லவே' என்ற விஞ்ஞானி இக்கிரணங்கள் சாமானிய ஒளிக்கிரணங்களே என்றும் ஆனால் மிகக் குறைந்த அலைநீளங்கள் கொண்டவையென்றும் கண்டார். நோயாளிகளின் சிகித்சைக்கு வைத்தியத் துறையில் இக்கிரணங்கள் பெரிதும் பயன்பட்டு வருகின்றதை நாம் அறிவோம். இவற்றின் அலைநீளங்கள் ·3 ஆங்ஸ்ட்ராம்வரை இருக்கும்.

காமாக் கிரணங்கள்

இக்கிரணங்கள் எக்ஸ் கிரணங்களைவிடக் குறைவான அலைநீளமும், மிகுந்த ஆற்றலும் வாய்ந்தவை. அணுக்களின் கருவிலிருந்து இவை

வெளிப்படுகின்றன. கதிரியக்க இயல்புவாய்ந்த தாதுக்கள் தாமாகவே இக்கதிர்களை வெளியிடுகின்றன. இவற்றின் அலைநீளங்கள் ·3 ஆங்ஸ்ட்ராமுக்கும் ·01 ஆங்ஸ்ட்ராமுக்கும் இடைப்பட்டவை.

விண்ணியல் கிரணங்கள்

(Cosmic Rays)

காமாக் கதிர்களைவிடக் குறைவான நீளமும் மிக உயர்ந்த ஆற்றலும் வாய்ந்த சில கிரணங்கள் பவனத்திலே உயரமான இடங்களில் மிகுந்து தென்படுகின்றன.

இவ்வாறாக நிறமாலையில் அடங்கியுள்ள பலவேறு வகைப்பட்ட மின்காந்த அலைகளைக் கண்டுபிடித்திருக்கின்றார்கள்.

19. ஒளி நிறமாலையின் விளக்கம்

ஒளி விசும்பிலேற்படும் அலைகள் என்று அறிவோம். நிறமாலையில் ஊதா முதல் சிகப்பு வரையில் நிறங்கொண்ட ஒளிமட்டுமே நமது கண்ணுக்குப் புலப்படும். இவ்வொளிக் கிரணங்கள் பல்வேறு அலை நீளம் கொண்டவை. அவற்றை "ஆங்ஸ்ட்ராம்" என்ற விசேஷ அலகுகளிலே எடுத்துரைப்பது வழக்கம். இவற்றுக்கு வெளிப்பட்ட அலைகள் நமக்கு கண்ணுக்குப் புலப்படாவிட்டாலும் நிறமாலையில் அடங்கியுள்ளன. பொருள்களிலிருந்து எவ்வாறு ஒளிக் கிரணங்கள் வெளிப்படுகின்றன என்பதைக் கவனிக்குமுன், பொருள்களின் அமைப்பையும் ஆற்றல் பரவுவதற்கு முன் அவைகளின் நிலைகளையும் பற்றி அறியவேண்டுமாதலால், அவற்றைச் சிறிது கவனிப்போம்.

பொருள்களை எல்லையற்ற அளவிற்குப் பிரித்துக்கொண்டேபோக முடியாது என்று வெகு காலத்திற்கு முன்பே அறியப்பட்டது.

சேர்க்கைப் பொருள்களெல்லாம் மூலகங்கள் என்ற சிறிய துகள்களினால் நிறைந்துள்ளன என்றும், தனிப்பொருள்களெல்லாம் அணுக்கள் என்று கூறப்படும் இன்னும் சிறிய துகள்களாலானவை என்றும் கண்டார்கள். சில அணுக்களின் சேர்க்கையே மூலகங்களாகும். ஆகவே அணுவைக் காட்டிலும் சிறிய துகள் இல்லை என்று கருதிவந்தார்கள். சென்ற நூற்றாண்டின் இறுதியில் "ஜே. ஜே. தாம்ஸன்" என்ற பேரறிஞர் மிகக்குறைந்த இறுக்கத்தையுடைய வாயுவின் மூலமாக மின்பாய்ச்சல் ஏற்படுத்திய போது குறைத்துருவத்திலிருந்து ஒரு கிரணக் கற்றை மிகைத்துருவத்தை நாடிச் சென்று தாக்குவதைக் கண்டார். இக்கற்றை கண்ணுக்குப் புலப்படாமல் அநேக சிறிய துகள்களின் பாதைகளாக இருப்பதை உணர்ந்தார். இத்துகள்கள் எல்லாம் நீரக அணுக்களைக் காட்டிலும் மிகச் சிறியதாக இருப்பதைக் கண்டார். அதாவது ஒவ்வொரு துகளும் நீரக அணுவின் நிறையில் 1850-ல் ஒரு பங்காக இருப்பதை அறிந்தார். அவற்றின் இயல்பை பின்னும் பரிசோதித்து அவைகள் குறை மின் சுமையை ஏற்றிருப்பதைக்கண்டார். இவற்றுக்கு மின்னுருக்கள் (Electrons) என்று பெயரிட்

டார். கண்ணுக்குப் புலப்படாவிடினும் அவை கண்ணாடியின் மீது விழும்போது பசுமை நிறமான ஒளியை வெளியிடுவதை அறிந்தார். இவை நேர்கோடுகளிலேயே செல்வதை, விரிந்த பூவடிவான அலுமினிய மினைத் துருவத்தை உபயோகித்து அதே வடிவுகொண்ட நிழலொன்று பின்னால் கண்ணாடியில் விழுவதைக் கண்டு, உணர்ந்தார். காந்தப் புலத்திலும், மின் புலத்திலும இவற்றின் போக்கு பாதிக்கப்படுவதிலிருந்து இவற்றின் மீதுள்ள குறைமின்சுமையையும் கதியையும் அளந்தார். எனவே, அணுவைக் காட்டிலும் சிறிய துகள் இருப்பது இவரது ஆராய்ச்சியின் வாயிலாக அறியப்பட்டது.

இம்மின்னுருக்கள் வேறு வழிகளில் கிடைக்கக் கூடுமாவென்று ஆராயத் தொடங்கினார்கள். கதிரியக்கத்திலும் (Radio-activity), ஒளியியல்-மின் நிகழ்ச்சி எனப்படும் சோதனையிலும் (Photo-electric effect) இம்மின்னுருக்கள் தென்படுவது அறியப்பட்டது. கதிரியக்கப் பொருள் ஒன்று சிதறுவதால் வெளிப்படும் மூவகைக் கிரணங்களில் பீடா கிரணங்கள் என்று கூறப்படும் ஒருவகை, மின்னுருக்களாக இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். ஒளியியல் - மின் நிகழ்ச்சி என்று கூறப்படும் சோதனையில் புற

ஊதாக் கிரணங்கள் போன்ற அடுக்கம் மிகுந்த கிரணங்கள் பொருள்களின்மீது தாக்கப்படும். இவ்வாறு செய்கையில் சில பொருள்களி லிருந்து மின்னுருக்கள் வெளி வருவதைக் கண்டார்கள். பின்னும் ஒரு வழியைக் கூறு வோம். ரேடியோவால்வ் எனப்படும் மின்னுருத் தாழில் பெறுவதைப் போல ஒரு பொருளை மிகுந்த சூட்டிற்கு உயர்த்தினால் அதனின்றும் மின்னுருக்களை வெளிப்படுத்தலாம். எனவே பல சோதனைகளின் வாயிலாக அணுக்களில் மின்னுருக்கள் அடங்கி இருப்பது நிரூபிக்கப் பட்டது. அணுக்களெல்லாம் அலிமின்னியல் புடன் இருப்பதால் மின்னுருக்களின் மின் சுமையை ஈடு செய்ய மிகைச் சுமையைக் கொண்டுள்ள துகள்களும் அணுக்களில் இருக்க வேண்டுமென்று ஏற்பட்டது. "ரூதர்போர்டு" என்ற பேரறிஞர் அவரது சோதனைகள் மூலமாக ஒவ்வொரு அணுவிலும் மிகைச் சுமையை ஏற்றுள்ளபாகம் அணுவின் விட்டத் தில் மிகச் சிறியதளவாகவே இருக்கவேண்டு மென்று காட்டினார். எனவே, இப்பாகம் கருவு எனப்பெயர் பெற்றது. கருக்களும் மின்னுருக் களும் சேர்ந்து அணுக்களாகி, கோடிக்கணக்கான அணுக்கள் சேர்ந்து பொருள்களாகின்றன

என்பதே பொருள்களின் அமைப்பைப் பற்றி தற்காலம் வழங்கிவரும் முடிவான அபிப்பிராயம்.

பொருள்களில் இவ்வணுக்களெல்லாம் நிரந்தரமான இயக்கத்துடன் இருந்து வருகின்றன என்ற கொள்கை மேற் கொள்ளப்பட்டு பொருள்களின் நிலைகளுக்குத் தகுந்தவாறு அவற்றின் பௌதிக இயல்புகள் ஆராய்ந்து அறியப்பட்டன. ஒரு அணுவின் சராசரி கதியும் கணக்கிடப்பட்டது. இயக்கத்தின் பொருட்டு ஒவ்வொரு அணுவும் ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும் என்று ஊகிக்கலாம். எனவே, ஒவ்வொரு பொருளும் அதன் பல்வேறு அணுக்களின் ஆற்றலின் கூட்டுத் தொகையைப் பெற்றிருக்கும். பொருளின் வெப்பநிலை எனப்படுவது இம் மொத்த ஆற்றலின் மதிப்பினால் ஏற்பட்டதேயாகும் என்று கண்டார்கள். ஒரு பொருளை சூடேற்ற அதன் அணுக்களின் கதி அதிகரித்து, பொருளின் ஆற்றல் மதிப்பு உயருகின்றது. ஒரு நிலையை அடைந்தவுடன் அப்பொருள் வெப்ப கிரணங்களை வெளியிடுகின்றது. பின்னும் சூட்டை உயர்த்த வெப்ப கிரணங்கள் நின்று ஒளிக்கிரணங்கள் வெளிப்படுகின்றன. இதுவே

நிறமாலையில் அடங்கியுள்ள வெப்ப கிரணங்களுக்கும், ஒளிக் கிரணங்களுக்கும் காரணமாகும். ஒரு தாதுப்பொருள் ஆவி நிலையில் இருக்கும் போது அது நிறமாலையின் பல பாகங்களில் அமைந்துள்ள குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களையுடைய ஒளியை வெளியிடுவதைக் கண்டார்கள். நிறமாலை மானியின் உதவியால் அவ்வொளியில் அடங்கி இருக்கும் வரிகளின் அலை நீளங்களை அளந்தார்கள். இவ்வரிகள் தொடர்ந்து ஒரு வாய்பாட்டின்படி அமைந்திருப்பதை முக்கியமாய் நீரகதாதுவின் விஷயத்தில் கண்டறிந்தார்கள். அளந்துகண்ட அலை நீளங்களுக்குத் தகுந்தாற்போல் மூன்று வாய்பாடுகள் பெறப்பட்டன. அவைகளுக்கு (Balmer series) "பாமர் தொடர்" என்றும், (Lyman series) "லைமான் தொடர்" என்றும், (Pashen series) "பேஷன் தொடர்" என்றும் பெயரிடப் பட்டன. எவ்வாறு இத்தொடர்கள் ஏற்படுகின்றன என்ற காரணம் மட்டும் அறியக்கூடவில்லை. (Niels Bohr) "நீல்ஸ் போர்" என்பவரே இத்தொடர்களுக்குக் காரணம் கண்டார். (Planck) "பிளான்க்" என்பவரின் தத்துவத்தை அவர் கையாண்டதினால் அதைச் சிறிது கவனிக்கவேண்டியது அவசியமாகிறது.

"பிளான்க்" என்ற பேரறிஞர் வெப்ப கிரணங்கள் பரவுவதற்குண்டான விதிகளை ஆராயுங்கால் ஒரு தத்துவத்தைக் கண்டார். மின்சாரத்தில் மின்னூரு அடிப்படையான துகளாக இருப்பது போலவும் ஏன் ஆற்றலுக்கும் அடிப்படையாக துகள் ஒன்று இருக்கக் கூடாது என்ற கேள்வியை எழுப்பினர். அது காறும் ஆற்றல்மட்டும் தொடர்பாகத்தான் பெருகவோ குறையவோ வேண்டுமென்று கருதி வந்த கொள்கையை மாற்றவேண்டியதாயிற்று. இவர் ஆற்றலுக்கு அடிப்படையாக துகள் ஒன்று இருக்கின்றதென்று கொண்டு அதற்கு "பிந்து" (quantum) எனப் பெயரிட்டார். இப்பிந்துவின் மதிப்பு ஆற்றலில் அடங்கியுள்ள கிரண அலைகளின் அடுக்கத்தைச் சார்ந்திருக்கும் என்று கூறினர். இதுவே அவரது வியக்கத்தக்க தத்துவமாகும். பொருள்களின் அணுக்களில் மின்னூருக்களும் கருக்களும் அடங்கியிருக்குமானல் அணுவின் அமைப்பு எத்தகையதாகவிருக்கவேண்டும் என்று ஆராயத்தொடங்கினர்கள். "ரூதர் போர்டு" என்பவர் அணுவில் கருவைச் சுற்றி வட்டமான பல மண்டிலங்களிலே இம்மின்னூருக்கள் ஓடிவந்துகொண்டிருக்கும் எனக் கூறினர். ஆனல் இம்

மண்டிலங்களெல்லாம் வரையறுக்கப்பட்டிருக்கின்றனவா, அவற்றின் எண்ணிக்கை யாது என்ற கேள்விகளுக்குச் சரியான விடை அவரால் கொடுக்கக் கூடவில்லை. ஏனெனில் ஆற்றல் தொடர்பாகவே மாறவேண்டுமாதலால் மின்னுருக்கள் எப்பொழுதும் கருவை அணுகிக் கொண்டே இருக்கவேண்டுமென்றும் அதனுல் அணுக்கள் ஆற்றலை ஓயாது வெளியிடவேண்டுமென்றும் ஏற்பட்டது. இம்மாதிரி ஏற்படுவதால் அணு சம நிலைமையை இழந்துவிடுகிறது. "நீல்ஸ் போர்" என்பவர் "பிளான்க்"கின் தத்துவத்தை மேற்கொண்டு அணு அமைப்பை நன்கு விளக்கி, வரி நிறமாலைக்கும் காரணம் காட்டினுர். ஆற்றல் தொடர்பற்றே மாற வேண்டுமென்று கொண்டு, மின்னுருக்கள் சில மண்டிலங்களிலேதான் ஓடமுடியுமென்றும், அம்மண்டிலங்களை வரையறுத்து விடலா மென்றும் காட்டினுர். ஒவ்வொரு மண்டிலத்திற்கும் ஒவ்வொரு ஆற்றல் மதிப்பு உண்டென்றும், உயர்ந்த ஆற்றல் கொண்ட மண்டிலத்தினின்று தாழ்ந்த ஆற்றலையுடைய மண்டிலத்திற்கு மின்னுரு தாவும்போது இவ்விரண்டு ஆற்றல் மதிப்புகளுக்குமுள்ள வேற்றுமையாகிய ஆற்றலை அவ்வணுவெளியிடுமென்றும் கூறினுர்.

இவர்கணக்கின் படியே "பாமர் தொடர்", "லைமான் தொடர்", "பேஷன் தொடர்" முதலியன அமைந்திருப்பதைக் காட்டினூர். மேலும் கருவை நெருங்கி நிற்கும் மண்டிலங்களுக்கு மின்னுரு தாவும்போதே எக்ஸ்-கிரணங்கள் வெளிப்படுவதைக் கண்டார்கள். பின்னர் செய்யப்பட்ட சோதனைகளிலிருந்து இம்மண்டிலங்களெல்லாம் வட்ட வடிவாக இராமல் ஆயத வடிவங்கொண்டிருக்க வேண்டுமென்று அறிந்திருக்கிறூர்கள்.

20. ஒளியும் ஒலியும்

ஒலிகளெல்லாம் துடிக்கும் பொருள்களி லிருந்து வெளிப்படுகின்றன. உதாரணமாக வீணையின் கம்பி துடித்தே ஒளியை உண்டாக்கு கிறது என்று காணலாம். துடிக்கும் பொருள் காற்று நிரையானல் இத்துடிப்புகளை நாம் எளிதிலே பார்க்க முடியாது. ஆனல் தக்க பரி சோதனைகள் செய்து அவைகளைக் காட்டலாம். ஒலி, தோன்று மிடத்திலிருந்து நமது காதுக்கு எட்ட வேண்டுமானல் நடுவிலே ஒரு பதார்த்த யானம் இருக்கவேண்டியது அவசியம். காற்றே சாமானியமாய் எங்கும் ஒலி பரவுவதற்கான யானமாகிறது. ஒலி, கட்டிப் பொருள்களின் மூலமாகவும், திரவங்கள் மூலமாகவும் பரவும். ஒலிக்குக் காரணமாய் உள்ள பொருள் துடிப் பதனல் ஏற்படும் அதிர்ச்சி காற்றிலோ, நீரிலோ, கட்டையிலோ அலைகளை உற்பத்தி செய்து அவ்வலைகள் பரவுவதனல் ஒலி பரவுகிறது என்று அறியப்பட்டது. நாம் கேட்கும் ஒலிகளைத் தொடர்ந்தன வென்றும் விட்டிசைப்பன வென்றும் இரண்டு வகை

களாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாம். ஒலியை உண்டாக்கும் பொருள் தொடர்ந்து துடித்துக் கொண்டிருந்தால் தொடர்ந்திசைக்கும் ஒலி தோன்றும். இதன் சுருதி என்பது இத்துடிப்பு வேகத்தைச் சார்ந்தது. துடிப்பு அதிகமானல் சுருதி உயரும். துடிப்புக் குறைந்தால் சுருதி தாழ்ந்து விடும். பொதுவாக துடிக்கும் பொருள் களெல்லாம் ஒலியை வெளியிடுவன வாயினும் அத்துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை வரம்புக்குட் பட்டிருந்தால் மட்டுமே நமது காதுக்குப் புலனு கும். துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை ஏறக்குறைய முப்பதுக்குக் குறைந்தால் அவை ஒரு ஸ்வர மாகச் சேருவதில்லை. ஆகையினுல் இந்த எண் கேள்விக்குக் கீழ் வரம்பாகும். துடிப்பின் வேகம் மிதமிஞ்சிப் போய்விட்டாலும் காதிலே அவை புலனுவதில்லை. உயர்ந்த ஸ்வரங்களைக் கேட்கும் சக்தி வயதைப் பொறுத்தது. சிறு குழந்தைகள் செகண்டிற்கு இருபதினுயிரம் துடிப்புகள் கொண்ட ஸ்வரங்களைக் கேட்கக் கூடும். வயதானவர்கள் பதினைந்தாயிரத்திற்கு மேற் பட்ட துடிப்புகள் கொண்ட ஸ்வரங்களைக் கேட்க முடிவதில்லை. இவையே கேள்வியின் மேல் வரம்பாகும். இப்பொழுது ஒளி உண்டா கும் விதத்தையும் கவனிப்போம்.

பதார்த்தங்களெல்லாம் சின்னஞ் சிறு அணுக்களாலானவை என்று அணு இயக்க வாதத்தால் நாம் அறிகிறோம். இவ்வணுக்களெல்லாம் நிரந்தரமான இயக்கத்தை உடையன என்றும், இவை ஒவ்வொன்றுக்கும் இடையே இடைவெளி நிறைந்திருக்கிறது என்றும் அந்த வாதம் கூறுகிறது. திட, திரவ, வாயு நிலைகளின் வேற்றுமைக்கு இந்த அணுக்களின் நெருக்க வேற்றுமையே காரணமாகும். பொருள்களில் சூடேற்ற இவ்வணுக்களின் இயக்கம் அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறு சூடேற்றிக் கொண்டே போனால் அப்பொருள்களிலிருந்து முதலில் வெப்பம் பரவுவதை அறியலாம். இவ்வெப்பம் எங்கும் வியாபித்திருக்கும் விசும்பில் அலைகளாகப் பரவி நம்மை அடைந்து நமக்கு உணர்ச்சியை உண்டுபண்ணுகிறது. இவ்வலைகள் சூடேற்றப்பட்ட பொருள்களிலிருக்கும் அணுக்களின் துடிப்புக்களினால் விசும்பில் உற்பத்தியாகின்றன. இன்னும் சூடேற்ற, பொருளிலிருந்துவரும் வெப்பம் ஒளியாக மாறுவதை உணரலாம். இப்பொழுது விசும்பில் பரவிவரும் அலைகள் நமது கண்ணுக்குப் புலனாகின்றன. இவ்வலைகள் ஒளி அலைகள் என்று சொல்லப்படும். ஆகவே, எவ்வாறு பதார்த்தங்களின்

துடிப்பினால் காற்று யானத்தில் ஒலி அலைகள் உண்டாகி நமக்கு ஒலி புலனாகிறதோ அது போலவே, சூடு மிகுந்த பொருள்களுடைய அணுக்களின் துடிப்புகளால் விசும்பில் ஒளி அலைகள் ஏற்பட்டு அதனால் ஒளி நமக்குப் புலனாகிறது என்று அறியலாம். மேலும் நாம் கேட்கும் ஒலிகளுக்கு வரம்புகளிருப்பது போல நாம் பார்க்கக்கூடும் ஒளிகளுக்கும் வரம்புகள் உண்டு. இதைச் சாதாரணமாக அலைநீளத்தில் எடுத்துக் காட்டுவது வழக்கம். மேல்வரம்பு ஒரு அங்குலத்தில் சுமார் முப்பத்தைந்தாயிரம் பங்கில் ஒன்றென்றும், கீழ்வரம்பு ஒரு அங்குலத்தில் சுமார் அறுபதினாயிரம் பங்கில் ஒன்றென்றும் விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள். அடுக்கத்தைக் (Frequency) கொண்டும் அவைகளின் வரம்பு வித்தியாசத்தைக் கூறலாம். நாம் சாதாரணமாகப் பதினொன்று ஸ்தாயி வரையிலும் ஒலிகளைக் கேட்கக்கூடும். ஆனால் நாம் பார்க்கக் கூடும் ஒளியோ ஒரு ஸ்தாயியில் அடங்கி இருக்கிறது. இதிலிருந்து காது கண்ணைக் காட்டிலும் அதிநுட்பமாக விருப்பதை அறியலாம். பொருள்களைக்கொண்டு ஒளியை உற்பத்தி பண்ண அவைகளில் சூடேற்றுவதைத் தவிர இன்னும் பல வழிகள் உண்டு. உதாரணமாக

அவைகளின் மூலம் மின்பாய்ச்சல் ஏற்படுத்துவதனால் ஒளியை உண்டுபண்ணலாம். அவைகளின்மீது மின்னுருக்களை (Electrons) மோதும்படி செய்தாலும் ஒளி உண்டாகும். இவ்வாருகப் பல வழிகளில் விசும்பில் ஒளி அலைகளைப் பொருள்களது அணுக்களின் மூலம் உற்பத்தி செய்யலாம்.

இப்பொழுது ஒலி ஒளிகளின் வேகத்தைப் பார்ப்போம். ஒலி ஒளியைவிட மிகக் குறைவான வேகத்தோடு செல்லுகிறது என்பதை நாம் அன்ருட அனுபவத்திலே காணலாகும். இடியும் மின்னலும் ஒரே நொடியிலே தோன்றுவனவாயினும் மின்னல் கண்ணுக்குப் புலப்பட்டபின் சிறிது நேரம் கழித்தே இடியின் ஒலி நம் காதுக்குக் கேட்கும். சிறிது தூரத்தில் துணி தோய்க்கும் ஒருவனைக் கவனித்தால் துணி கல்லின்மீது மோதிய சிறிது நேரம் கழித்தே சப்தம் நமது காதிலே படுவதைக் கவனிக்கலாம். ஒலி ஒரு செகண்டிற்கு, சாதாரண பவனச் சூட்டிலே, சுமார் ஆயிரத்து நூறு அடி வீதம் பரவுவதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஆனல் ஒளியோ ஒரு செகண்டிற்கு நூற்று எண்பத்தாருயிரம் மைல் வீதம் பரவுகிறது.

ஒளி ஆடிகளின்மீது தாக்கும்போது அது பிரதிபலிக்கப்படுவதை எல்லோரும் அறிவார்கள். சமதள ஆடிகளிலும், கோள ஆடிகளிலும் பிரதிபலனம் நிகழும்போது சில விதிகள் அனுஷ்டிக்கப்படுகின்றன. அதைப் போலவே ஒலியும் சமதளப் பரப்புகளிலும், கோளப் பரப்புகளிலும் பிரதிபலனம் அடைகின்றது. அப்பொழுது அதே விதிகளும் அனுஷ்டிக்கப் படுகின்றன. உயர்ந்த சுவர்களின்மீது ஒலி பிரதிபலனம் நிகழ்வதை அனுபவத்தில் அறிவோம். எதிரொலியின் நிகழ்ச்சி பிரதிபலனத்தாலேதான் ஏற்படுகிறது. ஒளி ஒரு யானத்திலிருந்து மற்றொரு யானத்திற்குச் செல்லும்போது அதன் திசை மாறிவிடுகிறது. இத்திசை வேறுபாட்டையே ஒளிக் கோட்டம் (Refraction) என்று நாம் கூறுவது. சில விதிகளிற் குட்பட்டு இந்நிகழ்ச்சி உண்டாகிறது. ஒலியும் அவ்வாறே ஒரு யானத்திலிருந்து மற்றொரு யானத்திற்குப் போகும் போது கோட்ட மடைவதைக் கண்டார்கள். எவ்வாறு ஒரு முகுள வில்லையைக் கொண்டு சூரிய கிரணங்களைக் கோட்ட மடையச் செய்து ஓர் இடத்தில் குவியும்படி செய்யலாமோ அதைப் போலவே கரியமில வாயு நிரம்பிய ஒரு

பலூனைக் (Balloon) கொண்டு ஒரு கடியாரத்தி லிருந்து வரும் ஒலியைக் கோட்ட மடையச் செய்து ஓர் இடத்தில் சென்று குவியும்படி செய்யலாம். ஒளிக் கிரணம் செறிவு (Density) மிகுந்த யானத்திலிருந்து செறிவு குறைந்த யானத்திற்குச் செல்லும் போது பூரண அந்தரப் பிரதி பலனம் (Total Internal reflection) என்ற நிகழ்ச்சி ஏற்படுவதுண்டு. வைரங்களில் காணப்படும் ஜொலிப்பு இப்பூரண பிரதி பலனத்தினுல்தான் ஏற்படுகிறது.

ஒரு கண்ணுடிக் குவளையினுள் ஒரு நாண யத்தைப் போட்டு, அதிலே தண்ணீரை வார்த்து, குவளையைக் கையில் பிடித்துக்கொண்டு, நீர்மட்டம் நமது கண்ணுக்குமேல் இருக் கும்படி வைத்து, குவளையின் சுவர் வழியாகப் பார்த்தால் தண்ணீரின் பரப்பு ஒரு ஆடிபோல் குவளையினடியில் கிடக்கும் நாணயத்தைப் பிரதிபலிப்பதைக் காணலாம். ஒளி தண்ணீரி லிருந்து காற்றிற்கு வெளிவர முயலும்போது ஏற்படும் இந்நிகழ்ச்சியைப் பூரண அந்தரப் பிரதிபலனம் (Total Internal Reflection) என்பார்கள். இதைப்போலவே ஒலிக்கும் பூரணப் பிரதிபலனம் ஏற்படக்கூடும். டாக்டர் ஸ்டெதாஸ்கோப் (Stethoscope) என்ற

கருவியை வைத்துக்கொண்டு நோயாளியின் மார்பு அடித்துக்கொள்ளும் விதத்தைப் பரீக்ஷை செய்வதை எல்லோரும் கவனித்திருக்கலாம். இங்கே மார்பு அடித்துக்கொள்வதால் உண்டாகும் ஒலிக்கு இக்கருவியின் குழாயினுள் பூரணப் பிரதிபலனம் ஏற்பட்டு அது சிறிதும் சேதமாகாமல் அவர் காதில் விழுகின்றது.

ஒளி, ஒலி இரண்டும் அலைகளாக ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்குச் செல்லுவதை முன்பு கவனித்தோம். ஒலி அலைகளின் நீளம் ஒளி அலைகளின் நீளத்தைவிட அதிகமானது. ஒன்று அடிக்கணக்கில் அளவிடப்படும். மற்றொன்று அங்குலத்தின் எவ்வளவு ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு என்று அளக்கப்படும். ஓர் தகைப் பொருளை (opaque object), ஒரு ஊற்றுக்கண்ணிலிருந்து வரும் ஒளிக் கிரணங்களின் வழியில் வைக்க, அவ்வொளிக் கற்றை தடுக்கப்பட்டு அப்பொருளுக்குப்பின் நிழல் விழுவதைக் காணலாம். இந்நிழலினுள் ஒளி நுழைவதில்லை. இதைப் போல ஒலியின் குறுக்கே ஒரு பொருளை வைத்தோமானால் அதற்குப்பின் நிழல் ஒன்றும் ஏற்படாமல் ஒலி நன்றாகக் கேட்பதை கவனிக்கலாம். ஒலியும், ஒளியும் இவ்விஷயத்தில் ஒன்றுக்கொன்று முரணான குணத்தைப் பெற்றிருப்

பதாக முதலில் தோன்றும். ஆனல் அப்படி ஒன்றுமில்லை. முரணுகத் தோன்றுவதன் காரணம் அவைகளின் அலை நீளத்தில் ஏற்பட்ட மிகுந்த வேற்றுமையேயாகும் என்று அறியப் பட்டது. மிகச் சிறிய பொருளைத் தாண்டிச் செல்லும்போது ஒலியைப் போல ஒளியும் பொருளின்பின் வளைந்து செல்வதைக் கண்டறிந் தார்கள். மிகுந்த சுருதிகொண்ட ஒலி அதிகப் பருமன் கொண்ட பொருளைக் கடந்து செல்லும் போது பொருளின்பின் ஒலி கேட்காதிருப்பதை யும் கண்டார்கள்.

ஒரு ஒலிக்கும் பொருள் கேட்போனை நோக்கியோ அல்லது அவனுக்கு எதிர்த்திசை யிலோ வேகமாக ஒலித்துக்கொண்டு சென்ருல், அவ்வொலியின் சுருதி அதன் பொருட்டு வேருகக் காதில் விழுகின்றதை முதன் முதலில் அறிந்து காட்டியவர் டாப்ளர் (Doppler) என்ற விஞ்ஞானி. அதனல் இந்நிகழ்ச்சி 'டாப்ளர் அதிசயம்' என்ற பெயர்பெற்றது. ரெயில்வே ஸ்டேஷனில் நின்றுகொண்டு ஊதிக்கொண்டே ஸ்டேஷனை நோக்கி ஓடிவரும் புகை வண்டியின் ஒலியைக் கேட்க அவ்வொலி ஊதல் விடுவிக்கும் ஒலியின் சுருதிக்கு அதிகமாகவும், புகைவண்டி ஸ்டேஷனைக் கடந்து சென்றபின் கேட்கும் ஒலி

யின் சுருதி அதற்குக் குறைவாகவும் இருப்பதை அறியலாம். இந்நிகழ்ச்சி ஒளிக்கும் ஏற்படு வதை அறிந்தார்கள். வானத்திலுள்ள நக்ஷத் திரங்களைத் தக்க கருவிகளைக்கொண்டு பரிசீலனை செய்து அவைகளின் ஒளி அலை நீளத்தில் உண்டாகும் மாறுதலை அறிந்து, அவைகள் பூமியை நோக்கி அல்லது அப்புறம் செல்லு கின்றனவா என்று அறிந்தார்கள். செல்லும் வேகத்தையும் கண்டறிந்தார்கள். இதற்கு மேற் கூறிய டாப்ளர் அதிசயத்திற் குண்டான கணக்கு கள் உபயோகப்பட்டன. மேலும், இதைக் கொண்டு பார்வைக்கு ஒன்று போலத் தோன்றுகிற நக்ஷத்திரம் உண்மையில் இரண்டு நக்ஷத்திரங்களாக விருப்பதைக் கண்டறிந்தார் கள்.

3542

21. மின்சாரத்தின் வரலாறு

அம்பரைத் (Amber) தேய்த்தால் அது சிறிய நூலிழைத் துண்டுகளையும், அதைப் போன்ற கனமில்லாத சிறிய பொருள்களையும் தன்னிடம் இழுக்கும் சக்தி அடைகிறது என்பதை இருபத்தைந்து நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னரே யவனர்கள் கண்டார்கள். இந்தச் சக்திக்கு மின்சார சக்தி என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. இதேமாதிரி உள்ள மற்றொரு சக்தியையும் பண்டைக்காலம் தொட்டே மக்கள் அறிவர். ஆசியா மைனர் என்ற நாட்டில் உள்ள 'மாக்னிஷியா' என்னும் இடத்தில் சில கற்கள் அகப்பட்டன. அவைகளுக்கு இரும்புத்தூளைத் தம்மிடம் இழுத்துக்கொள்ளும் இயல்பு உண்டென்பதை அறிந்தார்கள். அந்நாட்டில் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதனுல் அக்கற்களுக்கு 'மாக்னடிக்' கற்கள் என்ற பெயரும் அவற்றின் சிறப்பியல்புக்கு 'மாக்னடிஸம்' என்னும் பெயரும் ஆங்கிலத்தில் ஏற்பட்டது. அக்கற்களை ஒரு நூலில் கட்டித் தம் இயல்பாகத் தொங்க

விட்டால் அவை எப்போதும் தெற்கு வடக்காகத் திரும்பி நிற்க முயலுகின்றன என்பது மேற்கூறிய கற்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர், பல நூற்றுண்டுகள் கழிந்து தெரிய வந்தது. அவற்றின் உதவியால் அக்காலத்தில் நடுக்கடலில் மாலுமிகள் திசை கண்டு செல்வது சாத்தியமாயிற்று.

தேய்க்கப்பட்ட அம்பரின் கவர்ச்சியும், காந்தக் கல்லின் கவர்ச்சியும் நம்முடைய வாழ்க்கையில் செய்த மாறுதலைச் சுமார் நூறு வருஷங்களுக்கு முன் ஒருவரும் நினைத்திருக்க மாட்டார்கள். தற்காலம் மின்சாரவியலில் ஏற்பட்டிருக்கும் நம்முடைய அறிவு முழுவதற்கும் இந்த இரண்டு நிகழ்ச்சிகளே காரணமாயின என்பதை நோக்க நமக்கு வியப்பைத் தருகின்றது. இந்த இரண்டு சக்திகளின் அன்யோன்ய பாவத்தை வெகு நாட்கள் கழித்து விஞ்ஞானிகள் அறிந்தார்கள்.

அம்பரேயன்றிக் கண்ணுடித் துண்டுகளுக்கும், அரக்குப் போன்ற பல பொருள்களுக்கும் இவ்விதமான குணம் இருப்பதைக் **கில்பர்ட்** என்பவர் பதினும் நூற்றுண்டின் இறுதியில் கண்டார். அவர் மின்சாரத்தின் குணங்களை அறிந்து முதன் முதலில் வெளி

யிட்டதால் மின்சாரத்தின் தகப்பனார் என்று கருதப்படுகிறார். அவர் வைத்தியத் தொழிலில் பிரசித்தி பெற்று அச்சமயம் இங்கிலாந்தில் ஆண்டுவந்த எலிஸெபத் மஹாராணியிடம் அரண்மனை வைத்தியராக இருந்தார். முதன் முதலில் பூமியின் காந்த இயல்பை நிரூபித்துக் காட்டியவர் அவரே.

அம்பர், கண்ணாடி இவைகளுக்குப் பதிலாக நம்முடைய ஊற்றுப் பேனாவை ஒரு கம்பளித் துணியால் தேய்த்துக் காகிதத் துண்டுகளுக் கருகே கொண்டுபோனால் அவை குதித்தோடி வந்து அதன்மீது ஒட்டிக்கொள்ளும். இந்த இயல்பை அடைந்த பொருள்களை மின்சுமை யேற்றனவாகக் கூறுவது வழக்கம். இங்கே மின்சாரம் ஓடாமல் ஓரிடத்திலே தேங்கி நிற்கிறது. ஓடும் மின்சாரத்தை அருவி மின் சாரம் (Current Electricity) என்றும், தேங்கி நிற்கும் மின்சாரத்தை நிலை மின்சாரம் (Static Electricity) என்றும் கூறுவார்கள்.

கண்ணாடிக் குச்சியையும், எபொனைட், அம்பர் இவைகளையும் தக்க பொருள்களோடு தேய்ப்பதால், நமக்கு வெகு சிறு அளவான மின் சாரமே கிடைக்கும். மிகுந்த அளவில் மின்சுமை உண்டாக்க மேற்கொண்ட சாதனமே மின்சுமை

யந்திரம் (Electrical machine) எனப்படும். **ஓட்டோ வான் கெரிக்** என்பவர் முதன் முதலில் இத்தகைய மின்சுமை யந்திரத்தைக் கண்டுபிடித்தார். அவர் ஒரு கந்தக உருண்டையைக் கூரான இரும்புக்கம்பி ஒன்றில் ஏற்றி, அதன் மேல் கை பொருந்தும்படி வைத்துக்கொண்டு, உருண்டையைச் சுற்றினர். அவ்வாறு கையினுல் தேய்க்கப்பட்ட கந்தக உருண்டை இலேசான வஸ்துக்களைக் கவர்ந்தது. அதுவரையிலும், மின்சுமை ஏற்றிய பண்டங்கள் இலேசான வஸ்துக்களைக் கவரும் என்று மட்டுமே அறிந்தார்கள். சுமையேற்றிய பொருள்களுக்கு வெறுத்து விலக்கும் தன்மைகூட உண்டென்பதை அறிந்து வெளியிட்டவர் இவரே. இவருக்குப் பிறகு **ஹாக்ஸ்பி** என்பவர் மின்சுமை ஏற்றிய வஸ்துக்களின் மேற்பரப்பில் மட்டும்தான் மின்சாரம் தங்கியிருக்கிறதென்றும், உலோகங்களைக்கூடத் தோல் முதலியவற்றில் தேய்ப்பதால் மின்சுமை ஏற்றக்கூடும் என்றும் காட்டினுர்.

உலோகங்களின் மூலமாக மின்சாரம் பாய்ந்து செல்லுகிறது என்பதை முதன் முதலாகக் கண்டுபிடித்தவர் **ஸ்டீபென் கிரே** என்பவர். அவர் மீன்பிடிக்க உபயோகிக்கும் பல குச்சிகளை எடுத்துக்கொண்டு ஒன்றையொன்று

தொடுமாறு நீளவாட்டத்தில் வரிசையாக வைத்தார். பிறகு தேய்க்கப்பட்ட கண்ணுடி ஒன்றை வரிசையின் முதலில் உள்ள குச்சியைத் தொடச்செய்து வரிசையின் கடைசிவரையில் மின்சக்தி பாய்ந்துவந்ததைக் கண்டார். மேலும் பொருள்கள் எல்லாவற்றிலும் மின்சாரம் செல்லாமல் சிலவற்றிலே மட்டும் செல்லுகிறது என்பதையும் கண்டறிந்தார். அது முதற்கொண்டு உகையும் பொருள் (Conductor), உகையாப் பொருள் (Non-Conductor) என்ற வித்தியாசம் ஏற்பட்டு வழங்கிவருகிறது.

தவிர, அவர் மற்ருெரு விஷயத்தையும் கண்டுபிடித்தார். காந்தச்சட்டம் ஒன்று, சற்று அருகிலிருக்கும் இரும்புத் துண்டில் காந்தத்தைத் தூண்டுவது போல மின்சார இயலிலும் உண்டு என்று காட்டினுர்.

அதே காலத்தில் பிரான்ஸ் தேசத்தில் வசித்துவந்த டியூ பே என்ற விஞ்ஞானியும், இங்கிலாந்து தேசத்துக் காவண்டிஷ் என்ற விஞ்ஞானியும், மின்சாரத்தில் அதி மின்சாரம், குறை மின்சாரம் என உண்டென்றும், அவைகளின் கவர்ச்சி, தவிர்ச்சி (repulsion) விதிகளையும் கண்டறிந்தார்கள். ஊட்டத்திஞல் மின் சுமை (Electrification by Induction) ஏற்றக்

கூடும் என்று ஸ்டீபென் கிரே என்பவர் கண்டு பிடித்த முடிவைக்கொண்டு **லெய்டன் வாளி** (Leyden jar) என்ற பெயர்போன கருவி இயற்றப்பட்டது. இதில் மின்சுமை ஏற்றிவைக்கலாம். இந்தக் கருவி லெய்டன் தேசத்தில் ஒரு டச்சுக் காரரால் முதலில் இயற்றப்பட்டதால் அந்தப் பெயரால் வழங்கிவருகின்றது.

இப்போது அருவி மின்சாரத்தின் வளர்ச்சி யைக் கவனிப்போம். **கால்வனி** என்ற இத்தாலி தேசத்து விஞ்ஞானி 1791-ஆம் வருஷத்தில் ஓர் அதிசய சம்பவத்தைக் கண்டறிந்தார். மின்சுமை யந்திரத்திற்குச் சமீபத்தில், ஒரு நாள் அவர் தவளை ஒன்றை அறுத்துப் பரீக்ஷை செய்து கொண்டிருக்கையில், அவருடைய மாணவர் ஒருவர் பேனாக்கத்தியால் அந்தத் தவளையின் நரம்புகளைத் தீண்ட, அதனுடைய தசைகள் விம்மி விம்மிக் குதித்ததைக் கண்டார். மின்சுமை யந்திரத்தைச் சுழற்றிப் பொறி உண்டாக்கி னால்தான் தவளையின் தசைகளில் இசிவு ஏற்படு கின்றது என்று அறிந்தார். மேலும், வெவ்வேறு இரண்டு உலோகக் குச்சிகளைத் தவளையின் உடம்பில் குத்திப் பார்க்கையில், அப்பொழுதும் இவ்வாறு ஏற்படுவதைக் கண்டார். இந்த இசிவுக்குக் காரணம் ஒரு மின்னருவி என்று

உணர்ந்தார். அவருடைய ஞாபகார்த்தமாக அவ்வருவிக்குக் 'கால்வனி அருவி' என்று பெயர் வழங்கிவருகின்றது.

இந்தக் கருத்தை உபயோகப்படுத்தி அவருக்குப்பின் வந்த **வோல்டா** என்பவர் ஒரு கடத்தைத் தயார் செய்து, அதிலிருந்து மின்னருவியை அடைய வழி காண்பித்தார். ஒரு செப்புத் தகட்டையும், ஒரு நாகத் தகட்டையும் உப்புத் தண்ணீரில் நனைத்த உறிஞ்சுந்தாளிற்கு இரு புறத்திலும் வைத்துத் தகடுகளை ஒன்றோடொன்றாக உலோகக் கம்பியால் சேர்க்கையில், அந்த மண்டலத்தில் மின்னருவி பாய்வதைக் கண்டறிந்தார். தற்காலம் பாட்டரி விளக்குகளில் உபயோகித்து வரும் கடங்கள் திருந்திய முறையில் செய்யப்பட்ட வோல்டா கடங்களே ஆகும். **டேவி** என்ற விஞ்ஞானி இவ்வருவியைக் கொண்டு தண்ணீரைப் பிரித்து அதில் பிராணவாயு, ஜலவாயு அல்லது நீரகம் இரண்டும் 1 : 2 என்ற தகவில் கலந்திருப்பதாக முதன் முதலில் காட்டினார்.

வோல்டாவின் ஆராய்ச்சி வெளியிடப்பட்டு இருபது வருஷங்கள் ஆனபின் **ஓர்ஸ்டெட்** என்பவர் ஒரு வோல்டா கடத்துடன் தொடுக்கப்பட்ட மண்டலத்தின் ஒரு பாகத்தைத் திசை

காட்டிக்கு மேலே இணையாகக் கொண்டுவர, அது விலகுவதைக் கண்டார். அருவியை எதிர்ப் புறமாகச் செலுத்தத் திசைகாட்டியும் எதிர்ப் புறமாக விலகுவதை உணர்ந்தார். அதாவது மின்னருவி செல்லும்போது, அதற்குச் சமீபத் தில் ஒரு காந்தப்புலம் உண்டாகிறது என்பதை முதன்முதலில் கண்டுபிடித்தார். அவருக்குப்பின் வந்த **ஆம்பியர்** என்ற பிரான்ஸ் தேசத்து விஞ்ஞானி, அருவியினால் ஏற்படும் காந்தப் புலத்தின் சக்திக்கும் அருவியின் அளவுக்கும் உள்ள சம்பந்தத்தை எடுத்துக் காட்டினார். இதற்கு 'ஆம்பியர் விதி' என்று பெயர் வழங்கி வருகின்றது. மின்னருவியை அளப்பதன் பொருட்டு உபயோகப்படும் அலகும் அவர் பெயரால் வழங்கப்பட்டு வருகின்றது.

தண்ணீர், வெப்பம் இவற்றைப்போல மின் சாரமும் ஓர் உயர்ந்த இடத்திலிருந்து, மற்றொரு தாழ்ந்த இடத்திற்குத்தான் பாயும். இந்த மின்சார வேற்றுமை நிலை, நிலைப்பு வேற்றுமை (Potential difference) எனப்படும். மின்னரு விக்கும், நிலைப்பு வேற்றுமைக்கும் உள்ள சம்பந் தம் யாதாகும் என்பதைஅறிய **ஓம்** என்ற ஜெர்மன் விஞ்ஞானி முதன்முதலில் பரீக்ஷை செய்து அதன் முடிவை எடுத்துரைத்தார்.

அவர் கண்டுபிடித்த முடிவு எத்தகையது என்பதற்குப் பின்வரும் சம்பவம் கூறுவது வழக்கம்.

ஒரு சமயம் புகழ் பெற்ற எடிஸன் என்பவர் நீதிஸ்தலத்துக்குச் சாக்ஷியம் சொல்வதற்காகச் சென்றிருந்தார். அச்சமயம் எதிர்த்தரப்பு வக்கீல், "'ஓமின் விதி' என்றால் என்ன?" என்று



எடிஸன்

எடிஸனைக் கேட்டார். அதற்கு அவர், "அது மிகப் பெரிய விஷயம். மின்சார யந்திர சாஸ்திர முழுவதும் அதில் அடங்கியிருக்கின்றது. அது முழுவதும் எனக்குப் பரிசயமில்லாமையால் அது என்ன என்று நான் எவ்வாறு சொல்லுவேன்?" என்று உரைத்தாராம். அப்பேர்ப்பட்டவரின் பெயரை அலகாகக் குறிப்பிட்டு உலோகங்

களின் தகைவு (Resistance) அளக்கப்பட்டு

நம்முடைய வாழ்க்கையில் பெரிதும் உபயோகப்பட்டுவரும் மின்சாரவிளக்கு, விசிறி, ரேடியோ போன்ற சாதனங்களை நிறுவி வருவதன்பொருட்டு மைக்கேல் பாரடே என்ற



பாரடே

ஆங்கில விஞ்ஞானி செய்த கைங்கரியத்தை வெகு சிலரே உணர்வார்கள். ஏழைக்குடும்பத்தில் பிறந்து, அவர் அதிகப் படிப்பில்லாமையால், புஸ்தகங்கள் பைண்ட் செய்பவர் ஒருவருக்குக் கையாளாகப் பால்யத்தில் அமர்ந்தார். இப்படிக் குப்பையில் கிடந்த குன்றிமணியை அந்தக் காலத்தில் பிரசித்திபெற்ற ஸர் ஹம்ப்ரி டேவி

என்ற இரசாயன ஆராய்ச்சிக்காரர் தம்முடைய ஆராய்ச்சிச்சாலையில், ஒரு வேலையில் அமர்த்திக் கொண்டார். அது முதலாக மின்சார சம்பந்த மான ஆராய்ச்சிகளைப் பாரடே செய்யத் தொடங்கினார். அவருடைய குறைந்த படிப் பையும், கணித சாஸ்திரத்திலிருந்த சொற்பப் பயிற்சியையும் நோக்குங்கால், அவர் கண்டு பிடித்த முடிபுகள் வியக்கத்தக்கனவா யிருக் கின்றன. ஒரு மின்னருவி ஓடும்போது காந்தப் புலம் ஏற்படுகிறதே, அது போலக் காந்தப் புலத்தைக்கொண்டு ஏன் மின்னருவியை உண் டாக்கக்கூடாது என்ற கேள்வி அவரைப் பெரி தும் தூண்டிற்று. சுமார் ஆறு அங்குலம் விட்டம் உள்ள தேனிரும்பு வளையமொன்றை எடுத்து, அதன் மேல் இரண்டு கம்பிச்சுருள்களை ஒன்றுக் கொன்று சம்பந்தமில்லாமல் இருபுறத்திலும் சுற்றினார். ஒரு சுருளின் முனைகளை ஒரு பட்டரை யின் (Battery) துருவங்களுடன் சேர்த்து மற்றொரு சுருளின் முனைகளைக் 'கால்வனுமீட்டர்' என்று சொல்லப்படும் மின்னருவியை அளக்கும் சாதனத்துடன் இணைத்தார். பட்டரையிலி ருந்து அருவி வேண்டியபோது ஓடுவதற்காக ஒரு சாவியையும் சேர்த்துக்கொண்டார். சாவியை அழுத்தியவுடன் மற்றொரு சுருளில் ஒரு வினாடி

மின்னருவி ஓடுவதைக் கால்வனுமீட்டர் முள் விலகுவதால் அறிந்தார். அதேமாதிரி சாவியை விட்டவுடனும் முன்போல ஒரு விஞடி மறுபடியும் கால்வனுமீட்டரில் அருவி ஓடுவதைக் கண்டார். அவர் கண்டுபிடித்த இந்த முடிபுதான் தற்காலத்தில் மின்சார யந்திரங்கள் அனைத்திலும் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றது.

அவருக்குப் பிறகு வந்த லென்ஸ் என்ற ருஷியாதேசத்து விஞ்ஞானி அவ்வாறு தூண்டப்பட்ட அருவியின் போக்கிற்குரிய நிபந்தனையைக் கண்டறிந்து காட்டினர். தவிர, மைக்கேல் பாரடே தான் முதல் முதலில் நிலைமின்சாரமும் அருவி மின்சாரமும் ஒன்றே என்று காட்டினர். மின்சுமை யந்திரத்தைக் கொண்டு அநேக பரீக்ஷைகள் செய்து நிலை மின்சாரத்தின் குணங்கள் அனைத்தும் அருவி மின்சாரத்திற்குள்ளது போலவே இருக்கின்றன என்று காட்டினர். ஆனால் அருவி மின்சாரத்திற்குண்டான காந்த விளைவுபோல நிலை மின்சாரத்திற்கு இல்லை.

மைக்கேல் பாரடே மிகவும் சொல் வன்மை வாய்ந்தவர். அந்தக் காலத்தில் பௌதிக, இரசாயன சம்பந்தமான விஷயங்களைப் பிரபல விஞ்ஞானிகள் அடிக்கடி பொதுக்கூட்டங்களில்

பலரும் அறியும்படியாக உபன்யாசங்கள் செய்வதுண்டு. அவ்வழக்கம் இப்போதும் இங்கிலாந்தில் நடந்துவருகின்றது. மைக்கேல் பாரடே பேசும் கூட்டங்களுக்குத் திரள் திரளாக ஜனங்கள் வருவார்களாம். அம்மாதிரி கூட்டங்களில் ஒன்றுக்கு, அந்தக் காலத்தில் இங்கிலாந்தில் பிரதம மந்திரியாக இருந்த கிளாட்ஸ்டன் என்பவர் வந்திருந்தார். தம்முடைய ஆராய்ச்சிகளைப் பற்றிப் பாரடே பேசி முடித்தார். உடனே கிளாட்ஸ்டன் எழுந்திருந்து, "ஏன் ஐயா, நீர் கண்டுபிடித்த விஷயத்தின் உபயோகமென்ன?" என்று கேட்டாராம். எதிர்காலத்தில் நடக்கப் போவதைக் கனவிலும் நினையாத பாரடே, "ஏன், உங்கள் அரசாங்கத்தார் இதற்கு ஒருநாள் தீர்வை விதித்து அதிக வரும்படி அடையும் காலம் உண்டாகக்கூடும்" என்று பதிலளித்தாராம்.

அவரது பிரசித்திபெற்ற மற்றோர் ஆராய்ச்சியை இவ்விடம் குறிப்பிடவேண்டியது அவசியமாகிறது. முதன் முதலில் மின்னருவியின் இரசாயன விளைவின் விதிகளை அறிந்து எடுத்துரைத்தவர் அவரே. வளாவிய காடியின் (Dilute acid) வழியாகவோ அல்லது உலோக உப்பு நீரின் வழியாகவோ, மின்னருவியைச் செலுத்

திலுல் அத்திரவம் பிரிந்து மிகைத்துருவத்தினருகில் சில தாதுக்களும், குறைத்துருவத்தினருகே சிலவும் வெளிவருகின்ற நிகழ்ச்சிக்குண்டான நிபந்தனைகளைக் கண்டுபிடித்தார். மின்சாரப் பூச்சிடுதல், மின்சார அச்செடுத்தல், உலோகங்களைச்



கிளார்க் மாக்ஸ்வெல்

சுத்தப்படுத்தல் ஆகிய பல துறைகளில் இம்மின்னூட்டம் (Electrolysis) பயன்பட்டு வருகின்றது.

பாரடேயைப் போல மின்சாரசாஸ்திர அபிவிருத்திக்குப் பெரிய கைங்கரியம் செய்த மற்றொரு பெரியார் உண்டு. அவர் பெயர் **ஜேம்ஸ் கிளார்க் மாக்ஸ்வெல்.** அவர் சிறு பிராயத்திலேயே

கணித சாஸ்திரத்திலும், மற்றப் படிப்பிலும் மேதாவி என்ற புகழடைந்தார். பதினைந்தா வது வயதிலேயே அவர் கணித சம்பந்தமாகவும், பௌதிக சம்பந்தமாகவும் ஆராய்ச்சிகள் செய்து



ஹெர்ட்ஸ்

அதன் முடிபுகளை அந்தக் காலத்தில் வழங்கி வந்த பத்திரிகைகளில் வெளியிட்டு வந்தார். கணித முறையில் ஆராய்ச்சியை நடத்தி மின் காந்த அலைகள் இருக்கவேண்டுமென்றும், அவைகள் வெளிச்சத்தின் வேகத்தோடு (அதாவது ஒரு செகண்டிற்கு 1,86,000 மைல்கள்) செல்லவேண்டு மென்றும் காண்பித்தார். இந்த முடிபு அக்காலத்து விஞ்ஞானிகளைத் திடுக்கிடச்

செய்தது. அவர் இறந்த பிறகு அம்மாதிரி அலைகள் உண்டென்று நிரூபிக்கப்பட்டது.

ஹெம்ஹோல்ட்ஸ் என்ற ஜெர்மன் தேசத்துப் பிரபல விஞ்ஞானி அவருடைய துணை ஆசிரியராக இருந்து வந்த **ஹெர்ட்ஸ்** என்பவரை இது சம்பந்தமாகச் சோதனை நடத்தச் சொன்னார். அவர் சில வருஷங்கள் ஆராய்ச்சிகளை நடத்தி 1886-ஆம் வருஷத்தில் அம்மாதிரி அலைகளை உண்டாக்கிக் காட்டினார். தீர்க்கதரிசியான **மார்க்கோனி** என்ற இத்தாலி தேசத்து விஞ்ஞானியும், நம்நாட்டுப் பேரறிஞரான **ஜகதீச சந்திர போஸும்** இந்த அலைகளைக்கொண்டு அயல்நாடுகளுக்குச் சமாசாரம் அனுப்பக்கூடும் என்று காண்பித்தார்கள். அதன் பயனாகத் தற்காலத்தில் டெலிபோன், ரேடியோ முதலிய ஒலிக்கருவிகள் நம்மிடையில் வழங்கி வருகின்றன.

22. மின்னலும் இடியும்

மின்சாரத்தில் மிகை மின்சாரம், குறை மின்சாரம் என்று இரண்டு வகையுண்டு. அதைப் பொருள்களில் ஏற்றிவைக்கலாம். அப் பொருள்களை மின்சுமை யேற்றப்பட்ட பொருள் கள் என்று கூறுவது வழக்கம். இங்கே மின்சாரம் ஓடாமல் ஓரிடத்தில் தேங்கி இருப் பதால் அதை நிலை மின்சாரம் என்று கூறுவார் கள். பொருள்களில் இரண்டுவிதமாக மின்சுமை ஏற்றலாம். ஒன்று தீட்டத்தால் சுமையேற்றுவது (Electrification by Conduction). மற்றொன்று ஊட்டத்தால் சுமையேற்றுவது (Electrification by Induction). இந்த இரண்டு முறைகளிலும் மிகை மின்சாரத்தையோ, குறை மின்சாரத் தையோ ஏற்றலாம். ஒரே வகையைச் சேர்ந்த மின்சாரச் சுமைகள் ஒன்றையொன்று தள்ளு கின்றன என்றும், வெவ்வேறு வகையைச் சேர்ந்த மின்சாரச்சுமைகள் ஒன்றையொன்று கவருகின்றன என்றும் அறியப்பட்டது.

பதார்த்தங்களெல்லாம் சின்னஞ் சிறு அணுக்களாலானவை என்று அணு இயக்க வாதத்தால் நாம் அறிகிறோம். திட, திரவ, வாயு நிலைகளின் வேற்றுமைக்கு இந்த அணுக்களின் நெருக்க வேற்றுமையே காரணமாகும். சமீப காலம் வரையில் அணுக்களே மிகச் சிறியவை என்று கொள்ளப்பட்டது. இந்நூற்றுண்டின் ஆரம்பத்தில் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் என்ற விஞ் ஞானப் பேரறிஞர் அணுக்களைவிடச் சிறிய துகள்களாகிய மின்னுருக்களை (Electrons) கண்டு பிடித்தார். அவை குறைச்சுமையைக் கொண்டிருப்பதை அறிந்தார். ஒவ்வொரு அணுவிலும் இத்தகைய மின்னுருக்கள் சிலவும் பலவும் இருக்கின்றனவென்றும் கண்டறியப் பட்டது. அணு பொதுவாய் அலித்தன்மை வாய்ந்திருப்பதால் அதில் மின்னுருக்களைத் தவிர, மிகைச்சுமை யேற்றுள்ள துகள்கள் சிலவும் அங்கம் வகிக்கவேண்டுமென்று தெரிந்தது. தற்காலம் அணுவின் அமைப்பைப்பற்றி ஊகித் தறிந்தது ' என்னவெனில், ஒவ்வொரு அணு விலும் மிகை மின்சுமையை ஏற்றுள்ளதொரு கரு (Nucleus) உண்டு. மேலும் சூரியனைச் சுற்றி வரும் கிரகங்களைப்போல, பல மண்டலங் களில் கருவைச் சூழ்ந்து ஓடிவரும் குறை

மின்சுமை கொண்ட மின்னுருக்களும் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு அணுவிலும் கருவைச் சுற்றி எத்தனை மின்னுருக்கள் ஓடுகின்றனவோ அத்தனை அளவு கொண்ட மிகை மின்சுமை கருவின்மீது இருக்கும். எனவே, ஒரு பூரணமான அணு, மின்னியல் அலித்தன்மை கொண்டிருக்கும்.

பவனத்திலுள்ள (Atmosphere) துகள்களனைத்தும் மின் இயல்பு வாய்ந்திருப்பதை வெகு நாட்களுக்கு முன் கண்டறிந்தார்கள். 1749-ம் ஆண்டில் ஆகாயத்தில் சஞ்சரிக்கும் மேகங்கள் மின்சுமை ஏற்றிருப்பதை "பிராங்க்ளின்" என்ற விஞ்ஞானி ஒரு பரீக்ஷையினுல் நிரூபித்துக் காண்பித்தார். அவ்வாறு இருப்பதற்குக் காரணம் சமீபகாலத்தில்தான் அறியப்பட்டது. விண்ணியல் கதிர்கள் (Cosmic Rays) என்ற மிக உயர்ந்த ஆற்றல் வாய்ந்த சில கதிர்கள் பவனத்திலே உயரமான இடங்களில் மிகுந்து தென்படுவதை விஞ்ஞானிகள் கண்டறிந்தார்கள். இவை அதிகமான ஊடுருவும் சக்தி கொண்டிருப்பதையும் அறிந்தார்கள். பவனத்தின் அணுக்கள் அயனப்பட்டிருப்பதன் (Ionisation) காரணம் முக்கியமாக இக்கதிர்களினுல்தான் என்று உணரப்பட்டது. அதாவது இக்கதிர்கள்

பவனத்தின் அணுக்களுள் ஊடுருவி, மின்னுருக் களைச் சிதறவடிப்பதால் அணுக்கள் அனைத்தும் மிகை மின் சுமையைக் கொண்ட துகளாகவும், குறைச்சுமையையேற்ற மின்னுருக்களாகவும் பிரிக்கப்படுகின்றன என்பதுதான் கருத்து. இம்மாதிரி பவனம் அயனப்பட்டிருப்பதற்கு, பூமிக்குள் அழுந்திக்கிடக்கும் கதிரியக்கப் பொருள்களிலிருந்து (Radio-active substances) ஓய்வு இல்லாமல் எப்பொழுதும் வெளிவந்து கொண்டிருக்கும் காமா - கிரணங்களென்ன (γ-rays), சூரியனிடமிருந்துவரும் புற ஊதா கிரணங்களென்ன (Ultra-violet rays), இவை களும் காரணமாகும் என்று அறியப்பட்டது.

ஆகாயத்தில் சஞ்சரிக்கும் மேகங்களிலிருந்து மழை பெய்யும்பொழுது விழும் நீர்த்துளிகள் சுமையேற்றிருப்பதை விஞ்ஞானிகள் கண்டறிந் தார்கள். இது சம்பந்தமாக மெச்சத்தக்க ஆராய்ச்சிகள் நடத்தினவர் டாக்டர் ஸிம்ஸன் என்ற பேரறிஞர். இவர் நம் நாட்டில் ஸிம்லா வில் உள்ள பவன சோதனை நிலையத்தில் (Meteorological Station) தான் ஆராய்ச்சிகளை நடத்தினார். மழைத் துளிகளின் மின்சுமை யையும் அதன் வகையையும் அளப்பதற்கு ஒரு கருவியைப் புதிதாகக் கண்டுபிடித்தார். இவ்

வாறு நீர்த்துளிகள் மின்சுமை ஏற்றிருப்பதற்கு முக்கிய காரணம் C. T. R. வில்ஸன் என்பவரால் கொடுக்கப்பட்டது. தண்ணீரின் பரப்பு இசிவை (Surface Tension)க்கொண்டு சிறு துளிகள் நிலைத்திருக்க முடியாது என்று காண்பிக்கப்பட்டது. அப்படியானால் மழை எவ்வாறு ஏற்படுகிறதென்ற ஐயம் உண்டாயிற்று. மேற்சொன்ன விஞ்ஞானிதான் பவனத்திலுள்ள மிகை மின்சுமைகொண்ட துகளின் மேலும், மின்னுருக்களின் மேலும் நீர் முதன் முதலில் படிவதால் துளிகள் உண்டாகி மழை பெய்வது சாத்தியமாயிற்று என்று கண்டறிந்து காட்டினார். ஆகையினால் மழைத்துளிகள் மின்சுமை கொண்டிருப்பது விளங்கும்.

பவனத்திலேற்படும் சில மாறுபாடுகளினாலே, அதிலும் முக்கியமாக சூடுமாறுபாட்டினாலே காற்று நிரைகள் பவனத்திலே மேலெழுவதால் மேகங்களிலே பெரிய நிலையியல் மின்சாரத் தேக்கங்கள் அடிக்கடி ஏற்படுகின்றன. ஒரு பெரிய மேகம் மிகை மின்சாரத்தால் நிரம்பி இருப்பதாகக் கொள்வோம். இதன் ஊட்டத்தால் அடுத்துள்ள மேகங்களிலும், பூமியின் பகுதிகளிலும் குறை மின்சாரத் தேக்கங்கள் ஏற்படுகின்றன. எதிரான

சுமையேறியுள்ள மேகங்கள் நெருங்கி வரும் போது அவற்றினிடையே மின்சாரப் பாய்ச் சலினால் வெளிப்படும் ஒளியாற்றலும், ஒலி யாற்றலுமே மின்னலும், இடியுமாகத் தோன்று கின்றன. இதுவே சாமானியமாய் நிகழ்வது. ஆனால் சில சமயங்களிலே ஒரு மேகத்திற்கும் அதற்கு எதிராக சுமையேறி நிற்கும் பூமியின் பகுதிக்கும் இடையில் மின்சாரப் பாய்ச்சல் உண்டாகிறது. இதையே நாம் இடி விழுதல் என்று சொல்லுகிறோம். மேலும் ஒரே மேகத் தின் மேற்புறத்திற்கும், அடிப்புறத்திற்கும் இடையே மின் பாய்ச்சல் நிகழ்வதனால் மின்னல் உண்டாகலாம். மின்னல் நிகழும்போது உயர்ந்த மரங்கள், கட்டிடங்கள் முதலியவற்றின் அரு கிலே நிற்கக்கூடாது. தண்ணீர் தேங்கி நிற்கும் குளம், குட்டைகளுக்கு அருகிலும் இருக்கக் கூடாது. ஏனெனில் நீச நிலைத்தகைவு மார்க் கத்தை (path of least resistance) மேற் கொண்டு மின்சாரப் பாய்ச்சல் இவற்றின் மூலமாக பூமியை அடைய நேரிடும்.

மின்சாரம் கூரிய முனைகளிலே சென்று தேங்கும் இயல்புடையது. இவ்வாறு ஓரிடத் திலே சேர்ந்த மின்சாரத்தின் நிலைப்பு (Poten- tial) உயர்ந்து விடுவதால் அதனருகே வரும்

காற்றுத் துகள்கள் எளிதிலே மின்சார மேற்றுத் துரத்தப்படுகின்றன. பின்னும் வேறு துகள்கள் வந்து அங்கே கூட அவையும் மின்சுமையேற்று ஓடுகின்றன. இவ்வாருக அந்த முனையிலே தேங்கிநின்ற மின்சாரமெல்லாம் ஒழுகிவிடுகிறது. இதே தத்துவத்தைக் கொண்டுதான் உயர்ந்த கட்டிடங்களில் 'இடிதாங்கி' கள் வைக்கப் படுகின்றன. இடிதாங்கி என்பது நீண்ட உலோகச் சுட்டமாகும். இதன் முனையிலே பல சிறு ஊசிபோன்ற முள்கள் மேனேக்கி நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். இச்சட்டம் கட்டிடங்களின் உச்சியிலே செங்குத்தாக நிறுத்தப் பட்டிருக்கும். இவற்றேடு பிணைக்கப்பட்ட செப்புக் கம்பியின் மற்றொரு முனை பூமியின டியில் ஈரமுள்ள இடத்திலே புதைக்கப்பட் டிருக்கும். மின்சுமையேறிய மேகங்கள் ஆகாயத்தில் தவழ்ந்து செல்லும்போது ஊட்டத்தால் ஏற்படுகிற அதற்கு எதிரான மின்சாரம், பூமியிலிருந்து கம்பி வழியாக மேலேறி, இடிதாங்கியின் நுனியிலுள்ள முள் முனைகளின் வழியாக ஆகாயத்திலே ஒழுகிச் சென்று மேகத்தையடைந்து, அதன் சுமையைத் துலைப்படுத்தும். இதையும் மிஞ்சி மின்பாய்ச்சல் ஏற்பட்டால் அப்பாய்ச்சல் இடிதாங்கியிலே

புகுந்து கம்பி வழியாகக் கட்டிடத்திற்கும், மற்றும் அருகிலுள்ள பொருள்களுக்கும் யாதொரு தீங்கும் உண்டாக்காமல் பூமியைச் சென்றடையும்.

மின்பாய்ச்சல் ஏற்படும்போது உண்டாகும் சப்தத்தைக் கேட்டே, இடி இடிக்கிறது என்று சொல்லுகிறோம். மின்னலும், இடியும் ஒரே நொடியிலே ஏற்பட்ட போதிலும், ஒலி ஒளியை விட மிகக்குறைவான வேகத்தோடு செல்வதால், மின்னல் கண்ணுக்குத் தென்பட்ட பிறகு சிறிது நேரம் கழித்தே இடியின் ஒலி காதிற்குப் புலப்படுகிறது. மின்பாய்ச்சல் ஏற்படும்போது வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றல் அருகிலிருக்கும் காற்றில் நெருக்க விலக்கங்களை (Condensation and Rarefaction) உற்பத்தி செய்து ஒலி அலைகளை உண்டு பண்ணுவதால் நாம் சப்தத்தைக் கேட்கிறோம். சில சமயம் அடுத்தடுத்து மின்பாய்ச்சல் ஏற்படுவதனாலும், எதிரொலியினுலும் நெடுநேரம் வரை உறுமல்கள் கேட்டுக் கொண்டிருக்கும். ஒளியின் வேகம் ஒரு செகண்டிற்கு 1,86,000 மைல் ஆகும். ஆகையினால் நாம் மின்னலின் ஒளியை உடனே பார்த்து விடுகிறோம் என்று கொள்ளலாம். ஒலியின் வேகம் சாதாரண பவனச் சூட்டில் ஒரு செகண்

டிற்கு 1,120 அடி ஆகும். எனவே, மின்னல் தென்பட்ட பிறகு இடியைக் கேட்பதற்குண்டான நேரத்தை அறிந்து, அதை 1,120ஆல் பெருக்க மின்னல் எவ்வளவு தூரத்தில் ஏற்பட்டது என்பதை அறியலாம்.

23. மின்சாரசக்தியின் சில உபயோகங்கள்

மின்சாரம் பதார்த்தங்களின் மூலமாகச் செல்லும்போது அவற்றின் நிலைமைக்குத் தக்கவாறு சில சம்பவங்கள் நிகழ்கின்றன. பொதுவாக இது திடதிரவ நிலைகளில் சுலபமாகச் செல்லும். ஆனால் வாயுநிலையில் இருக்கும் பொழுது பாய்வது சிறிது கடினம். வாயுவின் இறுக்கம் வெகு குறைவானபொழுதுதான் மின் பாய்ச்சல் சாதாரணமாக ஏற்படுகின்றது. நிற்க, மின்சாரம் எல்லாப் பதார்த்தங்களிலும் செல்வதில்லை. மின்சாரத்தைத் தம்முட் செல்லவிடும் பொருள்களுக்கு உகையும் பொருள்கள் அல்லது **உகைவிகள்** (Conductors) என்று பெயர். ஓர் உகைவியில் மின்னருவி ஓடும்போது, அதிலும் அதற்கு அருகிலும் ஏற்படும் விளைவுகளை (1) வெப்ப விளைவுகள் (2) காந்தவியல் விளைவுகள், (3) இரசாயன விளைவுகள் என்று வகைப்படுத்திக் கூறலாம். இவ்விளைவுகளைப் பயன்படுத்தி இயற்றிய சாதனங்களை அன்றாட வாழ்க்கையில்

உபயோகித்து வருகின்றோம். அவற்றில் சில வற்றை இக்கட்டுரையில் கவனிப்போம்.

மின்சாரம் ஓர் உலோகக் கம்பியின் மூல மாகப் பாய்ந்து செல்லும்போது அதனால் அக் கம்பி வெண்தழல் நிலைக்குச் சூடேற்றப்படு கிறது. இதனின்று வெப்பமும் ஒளியும் பரவுகின்றன. மனித வாழ்க்கைக்கு வெப்பமும் ஒளியும் முக்கியமாதலால் மின்சாரத்தைக் கொண்டு இரண்டையும் பெற அநேக ஸாதனங் கள் இயற்றப்பட்டிருக்கின்றன. குளிர்த்தேசங் களில் குளிரைத் தடுப்பதற்காக வீட்டிற் பல இடங்களில் அடுப்புகளைக்கட்டி அனலைமூட்டி வைப்பது வழக்கம். தற்காலம் இதற்கு மின் சார அடுப்புகளையே உபயோகித்து வருகின்றார் கள். பலவித வடிவங்களில் செய்யப்பட்டுப் பல வேறு வகைகளில் பயன்படுகிற எல்லா அடுப்புகளும் ஒரே தத்துவத்தை அடிப்படை யாகக் கொண்டனவாகும். உயர்ந்த தகைவு (Resistance) கொண்ட உறையிடப்பட்ட கம்பி கள் பல வடிவுகொண்ட இரும்பு அல்லது உருக் குக் களிமண் (Fireclay) சட்டகங்களின்மீது சுற்றிவைக்கப்படும். மின்னருவி பாயும்போது இச்சட்டகம் சூடேறிப் பழுத்து அடுப்புக்குறிய தொழிலைச் செய்கிறது. நிலப் பயிர்களுக்கு

வேண்டிய வெப்பத்தைக் கொடுப்பதற்காகக் குளிர் நாடுகளில் மின்சார முறையையே அனு சரித்து வருகின்றார்கள். மேலும் சிறிய அள விலே தண்ணீர் முதலியவற்றைக் காய்ச்சுவதற் கும், இஸ்திரிப்பெட்டிகளைச் சூடேற்றுவதற்கும் மின்சாரத்தை உபயோகிப்பதுதான் மிகவும் லாபகரமாகும். ஏனெனில் இதிலே தோன்றும் வெப்பம் முழுவதும் சூடேற்றுவதிலேயே செல வழிக்கப்படுவதால் ஆற்றல் வீணாவதில்லை.

மின்பாய்ச்சலைக்கொண்டு ஒளியைப் பெற முதல் முதலில் முயன்றவர் **ஸர் ஹம்ப்ரி டேவி** என்ற விஞ்ஞானி ஆவர். இவர் 1809-ஆம் வருஷத்தில் செய்த ஒரு பரிசோதனையில் இரண்டு கரிக்குச்சிகளை மின்னியக்கச் சக்தி (Electromotive Force) மிகவும் வாய்ந்த ஒரு மின்கல அடுக்கின் (Battery) இரு துருவங் களுடன் பிணைத்தார். அக்குச்சிகளை ஒன்றை ஒன்று தீண்டுமாறு செய்து பின் அவற்றைச் சற்று விலகச் செய்தபோது அவற்றினின்றும் மிகப் பிரகாசமான ஒளி வருவதைக் கண்டார். இதுவே மின்சாரச்சுடர் எனப்படும். நெடுநாள் வரையிலும் மேல்நாடுகளில் இச்சுடர் விளக்கு களையே தெருக்களுக்கு உபயோகித்து வந்தார் கள். இவற்றையே சினிமாப்படங்கள் காட்டுவ

தற்கு இன்னும் உபயோகித்து வருகின்றார்கள். சாதாரணமாக வீடுகளில் உபயோகிப்பதற்கு இவை தகுதியற்றன. அத்தகுதியுடைய விளக்கு களைத் தயார் செய்ய முன் வந்தவர்களுள் இங்கி லாந்து தேசத்து **ஸ்வான்** என்பவரையும், அமெரிக்கா தேசத்து **எடிஸன்** என்பவரையும் முக்கியமாகக் குறிப்பிடவேண்டும். எடிஸன் முதலில் 'பிளாடினம்' (Platinum) கம்பியை விளக்குகளில் உபயோகப்படுத்தினர். அதிக விலையினாலும், உருகி வழியும் தன்மையினாலும் இதைக் கைவிட்டு வேறு கம்பிகளைப் பரிசோதித் தார். முடிவாகக் கரி இழையே சரியென்று கண்டு, பாழ்மையை (Vacuum)க் கொண்டுள்ள ஒரு குமிழினுள் இதைப் பற்றவைத்து அதன் வழியாக மின்னருவியைச் செலுத்தி ஒளியை அடைந்தார்.

இதிலும் சில குறைகள் உள்ளன. இதை அதிகமான சூட்டிற்கு உயர்த்தக் கூடவில்லை. உயர்த்தினல் அப்பொழுது சிறிது ஆவியாகிக் குமிழின் பக்கங்களில் கறுப்பாகப் படிந்து வெளிச்சம் குறைந்துவிடுகிறது. தவிர, இதன் மின்தகைவு சூட்டிற்குத் தக்கவாறு மாறுவது மற்றொரு தொல்லையாயிருக்கிறது. இதையும் நீக்கி வேறு கம்பியை உபயோகிக்க வெகு

நாட்கள் ஆராய்ச்சி நடத்தினார்கள். 'டாண்டலம்' (Tantalum), 'ஆஸ்மியம்' (Osmium), 'டங்ஸ்டன்' (Tungsten) இழைகள் கரி இழையைவிட அதிகமான சூட்டைத் தாங்கும் தன்மை பெற்றிருப்பதை உணர்ந்தார்கள். தற்காலம் 'டங்ஸ்டன்' இழைகளே பெரும்பாலும் இவ் விளக்குகளில் உபயோகப்பட்டு வருகின்றன. தவிர, பட்டணங்களில் இராக் காலங்களில் இவ் விளக்குகளைக்கொண்டு விசித்திரமாக விளம்பரங்கள் காட்டப்படுவதைப் பலர் பார்த்திருக்கலாம். 'நியான்' (Neon) விளக்கு என்ற ஒரு வகை விளக்கை மாலுமிகளுக்குத் திசைகாட்டுவதற்காகப் பெரிய துறைமுகங்களில் உபயோகித்து வருகிறார்கள். இரச ஆவிக் குழாய் (Mercury Vapour lamp) விளக்கிலிருந்தும், எக்ஸ்கிரணக்குழாய் (X-ray tube) விளக்கிலிருந்தும் வரும் ஒளியை வைத்தியத்துறையில் நோயாளியின் சிகித்சைக்காகப் பெரிதும் பயன்படுத்தி வருகின்றார்கள்.

மின்சார இயந்திரங்களில் இரண்டு கண்களாகச் சிறந்து விளங்குவன 'டைனமோ' (Dynamo)வும், 'மோட்டாரும்' (Motor) ஆகும். இரண்டிற்கும் அதிக வேற்றுமை இல்லை. டைனமோவில் இயந்திரவியல் இயக்கத்தால்

மின்னருவி பெறப்பீடுகிறது. மோட்டாரிலோ மின்னருவியைக்கொண்டு இயந்திரவியல் இயக்கம் பெறப்படுகின்றது. தற்காலம் டிராம் வண்டிகள், மின்சாரத்தொடர் வண்டிகள் இவைகளை ஓட்டுவதற்கும், பின்னும் பல தொழிற்சாலைகளில் உள்ள இயந்திரங்களை ஓட்டுவதற்கும் வேண்டுகிற அளவில் இந்த டைனமோக்களைக்கொண்டுதான் மின்சாரசக்தி உண்டாக்கப்படுகிறது. இச்சக்தியைப் பெரிய மோட்டார்களில் செலுத்தி அவைகளைக்கொண்டுதான் மேற்சொன்ன டிராம் வண்டிகளென்ன, மின்சாரத்தொடர் வண்டிகளென்ன, இவைகள் ஓட்டப்படுகின்றன. நீராவி இயந்திரங்களைக் காட்டிலும் இம்மின்சார மோட்டார் வண்டிகளில் சில சௌகரியங்கள் உள்ளன. இவற்றை வேண்டுமென்றபொழுது வெகு சீக்கிரத்தில் வண்டியை இழுக்குமாறு செய்யலாம். தவிர நீராவி இயந்திரங்களைக் காட்டிலும் 25 சதம் அதிகப் பளுவை ஏற்றிச் செல்லக்கூடியவை. ஆகையால் இவ்வண்டிகளே பிரபலமடைந்து வருகின்றன. இம்மோட்டார்களை ஓடச்செய்வதற்கு நேர் மின்னருவியையே (Direct Current), சுமார் 500 'வோல்ட்' மின்னியக்க சக்தியில் உபயோகப்படுத்துவது வழக்கம். இதற்கு

வேண்டிய சக்தியைப் பெரிய டைனமோக்களைக் கொண்டு ஒரு தனி இடத்தில் உற்பத்தி செய்வார்கள். அதிகத்தூரம் சக்தியை நேர் மின்னருவியாக அனுப்புவதில் சில அசௌகரியங்கள் இருப்பதால் மாறு மின்னருவியாகவே (Alternating Current) இதை உற்பத்தி செய்வார்கள். ஆயிரக்கணக்கில் இதன் மின்னியக்க சக்தி இருக்கும். இதை வண்டிகளுக்கு உபயோகிக்குமுன் தக்க கருவிகளைக்கொண்டு முதலில் இதன் மின்னியக்க சக்தியைக் குறைத்துப் பிறகு நேர் அருவியாக மாற்றியே வண்டியிலுள்ள மோட்டார்களில் செலுத்துவது வழக்கம். இவ்வண்டிகள் பெரிய பட்டணங்களில் அதன் பல பாகங்களுக்கிடையே மட்டும் ஓடிவருகின்றன. இதற்குக் காரணம் மின்னியக்க சக்தியின் விலை அதிகமாயிருப்பதுதான். நீர்வீழ்ச்சியோ அல்லது நிலக்கரியோ மிகுந்து இருக்கும் பிரதேசங்களில் குறைந்த செலவில் சக்தியை உண்டு பண்ணலாம். நம் நாட்டில் மைஸூரிலுள்ள சிவசமுத்திரம் நீர்வீழ்ச்சியிலும், நீலகிரியிலுள்ள பைகாரா நீர்வீழ்ச்சியிலும் மிகுந்த அளவில் சக்தி உண்டாக்கப்படுகின்றது. அமெரிக்காவிலுள்ள நையாகரா நீர்வீழ்ச்சியில்' ஏற்படுத்தப்பட்டிருக்கும் மின்சார நிலயமே உலகத்தில் மிகப் பெரிதா

கும். தந்தி தபால் இலாகாக்களில் நெடுநாட்களாக எல்லாத் தேசங்களிலும் மின்சார சக்தி பயன்பட்டு வருகின்றது. இதற்கு 'லெக்ளான்சி' கடத்தையே உபயோகித்து வந்தார்கள். அதை அடிக்கடி கவனிக்கவேண்டியிருப்பதாலும், செலவு அதிகம் ஆவதாலும் அதைக் கைவிட்டுத் தற்காலம் இங்கிலாந்து முதலிய நாடுகளில் டைனமோக்களை உபயோகிக்கின்ருர்கள். நிற்க, 'டெலிபிரிண்டர்' (Tele Printer) என்னும் கருவியைக்கொண்டு 'டைப்' இயந்திரத்தை அடிப்பது போல் அடித்துப் பல இடங்களுக்குச் சமாசாரத்தை அனுப்புகிருர்கள். தவிர, டெலிபோன், ரேடியோ மூலம் சமாசாரங்களை அனுப்புவதிலும் இச்சக்தி இன்றியமையாததாக இருந்து வருகின்றது.

இப்பொழுது சக்தியின் இரசாயன விளைவுகளினுல் ஏற்படும் உபயோகத்தைப் பார்ப்போம்: வளாவிய காடியின் வழியாகவோ, அல்லது ஓர் உலோக உப்புக்கரைநீரின் வழியாகவோ மின்னருவியைச் செலுத்திஞல் அத்திரவம் பிரிந்துவிடும். அந்நிகழ்ச்சியை மின்னுட்டம் (Electrolysis) என்பார்கள். அதஞல் குறைத்துருவத்திற்கருகே சில தாதுக்களும், மிகைத்துருவத்திற்கருகே சில தாதுக்களும் வெளிவருகின்றன.

மின்சாரப் பூச்சிடுதல் (Electro-plating), மின் சார அச்செடுத்தல் (Electro-typing), உலோகங்களைச் சுத்தப்படுத்தல் முதலிய பல துறைகளில் இம்மின்னூட்டம் பயன்படுகிறது. பூச்சிடவேண்டிய சாமான்கள் நன்ருகத் தேய்த்துப் பூசவேண்டிய உலோகத்தின் ஏதாவது ஓர் உப்புக்கரைநீரில் முழுக்கி வைக்கப்படும். இந்தச் சாமானைக் குறைத்துருவமாகவும் பூசவேண்டிய உலோகத்தின் தகடொன்றை மிகைத்துருவமாகவும் கொண்டு ஒரு மின்னருவி செலுத்தப்படும். சிறிது பொழுதில் சாமானின் மேற்புற முழுவதும் பூச்சிடப்பட்டுவிடும்.

மின்சார அச்செடுக்கும் செயல் முறையை இப்பொழுது கவனிப்போம். முதலில் ஒரு பக்கம் முழுவதும் சாமானியமாக அச்சுக் கோக்கப்படும். பின்னர் அதன்மீது ஒரு மெழுகு அட்டையை அழுத்தி அச்சு எடுப்பார்கள். அதன் மீது 'கிராபைட்' (Graphite) கரித்தூளைத் தூவி அவ்வச்சின் வழியாக மின்சாரம் பாய்வதற்கு வசதி செய்துகொள்ளுவார்கள். இதைத் துரிசுக்கரை நீரில் (Copper Sulphate solution) முழுக்கிவைத்து மற்ருெரு செப்புத்தகட்டை மிகைத்துருவமாகக் கொண்டு மின்னருவி செலுத்தப்படும். இதனுல் மெழுகின்மீது மெல்

லிய செப்புத் தகடு பெறப்படும். மெழுகை நீக்கி மற்ெருரு கெட்டியான உலோக அட்டையைப் பின்னல் கொடுத்துக் கெட்டிப்படுத்துவார்கள். இதைக்கொண்டு லக்ஷக்கணக்கான பிரதிகள் அச்சிடுவது சாத்தியமாகிறது.

கடைசியாக உலோகங்களைச் சுத்தப்படுத்துவதில் ஓர் உதாரணத்தைக் காண்போம். செப்புத் தகடுகளைச் சுத்தப்படுத்த வேண்டுமென்று கொள்ளுவோம். தூய துரிசுக்கரை நீரில் சுத்தப்படுத்த வேண்டிய செப்புத்தகடுகளை முழுக்கி அவற்றை மிகைத்துருவமாகவும், மற்ெருரு தூய செப்புத்தகட்டைக் குறைத் துருவமாகவும் கொண்டு அருவி செலுத்தப்படும். இதனுல் மிகைத்துருவம் கரைந்து அதிலுள்ள அசுத்தங்களெல்லாம் வண்டலாக அடியில் தங்கிவிட, தூயதான செம்பு மட்டும் குறைத்துருவத்தின் மீது படியும். இவ்வாருகப் பலதுறைகளில் மின்சாரம் என்கிற பூதத்தை ஏவி வேலை செய்யச் செய்து நம் வாழ்க்கையை எளிதாகவும் சௌகரியமாகவும், நாகரிகமாகவும் நடத்தி வருகின்ருேம்.

"நின்செவிகள் சேய்மைத் திசையளக்கும்
நின்விழிகள்

துன்னுமிரு ளோட்டித் துலக்கிடுமால்—
நின்கரங்கள்
சக்திவிசை யென்றறைவர் மின்சாரத்
தாயேநின்
மிக்கபிடி கூற்றின் பிடி.”

24. கதிரியக்கம்

சென்ற நூற்றுண்டு இறுதியிலும் இந்நூற்றுண்டு ஆரம்பத்திலும் பௌதிக வியலில் அநேக நூதனங்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டன. பௌதிக வியலில் அடிப்படையாயுள்ள பொருள், ஆற்றல் இவைகளைப் பற்றிய அறிவு அதன்பொருட்டு வெகுவாக விரிவு அடைந்தது. முக்கியமாக 1895-ஆம் ஆண்டில் 'ராண்ட்ஜன்' கண்டு பிடித்த எக்ஸ்—கிரணங்களையும், 1896-ஆம் ஆண்டில் 'ஹென்ரி பெக்குவரல்' கண்டு பிடித்த கதிரியக்கத்தையும் (Radioactivity), 1897-ஆம் ஆண்டில் 'ஜே. ஜே. தாம்ஸன் கண்டு பிடித்த மின்னுருக்களையும் (Electrons) கூறவேண்டும். இத்துடன் 1900-ஆம் ஆண்டில் 'மாக்ஸ் பிளாங்கு' வெளியிட்ட ஆற்றலின் பிந்து வாதத்தையும் (Quantum Theory) குறிப்பிடவேண்டும். பொருளுக்கும் மின்சாரத்திற்கும் உண்டான தொடர்பை நன்குணர்வதற்கு மேற்சொன்னவைகள் பெரிதும் பயன் பட்டன. பதார்த்தங்களெல்லாம் அணுக்களா

லானவை என்றும், ஒவ்வொரு அணுவிலும் மிகை மின் சுமையை ஏற்றுள்ளதொரு கருவும் (Nucleus) அதைச் சூழ்ந்து பல மண்டிலங்களிலே ஓடி வரும் குறைமின் சுமைகொண்ட மின்னுருக்களும் இருக்கின்றன வென்றும் அறியப்பட்டது. அணுக்கருவின் அமைப்பைப் பற்றிய நமது அறிவெல்லாம் பெரிதும் நாம் கதிரியக்கத்தின் மூலமாகப் பெற்றதேயாகும். ஆகையினால் கதிரியக்கத்தின் முக்கியத் தன்மையை உணரலாம்.

'ராண்ட்ஜன்' கண்டுபிடித்த எக்ஸ்—கிரணங்களைப்போலப் பதார்த்தங்களில் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடிய வேறு கிரணங்கள் ஏதேனும் இருக்கின்றனவா என்று விஞ்ஞானிகள் ஆராயத் தொடங்கினார்கள். 'ஹென்ரி பெக்குவரல்' என்ற பிரஞ்சு அறிஞர் யுரேனியம் (uranium) என்னும் தாதுவை சிறிதுநேரம் வெயிலில் வைத்துவிட்டு அதை ஒரு கருப்புக் காகிதத்தில் மடித்து ஒரு போட்டோ தட்டின் மீது வைத்துப் பரீக்ஷை செய்துபார்த்தபோது அத்தட்டுப் பாதிக்கப்பட்டதைக் கண்டார். இது வெயிலின் விசேஷ குணமாக இருக்குமோ என்று முதலில் கருதினார். ஒரு நாள் அத்தாதுவை வெயிலில் காட்டாமல் போட்டோ தட்டில்

முன்போல வைத்துப் பார்த்தார். அப்பொழுதும் தட்டு பாதிக்கப்படுவதைக் கண்டார். மேலும் கருப்புக் காகிதத்திற்குப் பதிலாக மெல்லிய உலோகத் தகடுகளை இட, போட்டோ தட்டு அப்பொழுதும் பாதிக்கப்படுவதைக் கண்டார். இதிலிருந்து யுரேனியம் தாதுவிலிருந்து எக்ஸ்—கிரணங்களைப்போல ஊடுருவிச் செல்லக்கூடிய சில கிரணங்கள் வெளிப்படுகின்றன என்று அறிந்து காட்டினார். இந்நிகழ்ச்சிக்குக் கதிரியக்கம் என்ற பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. சில நாட்கள் கழித்து ஸ்ரீமதி 'க்யூரி' என்னும் போலண்டு தேசத்து அம்மையார், தோரியம் (Thorium) என்னும் தாதுவும், அதுகலந்துள்ள கலப்புப் பொருள்களும் இவ்வாறே சில கிரணங்களை வெளியிடுவதைக் கண்டார். யுரேனியம வடித்தெடுக்கப்படும் ஒரு வகைக் கனிப்பொருள் யுரேனியத்தைவிட அதிகக் கதிரியக்கமுடையதெனக் க்யூரி அம்மையார் கண்டார். எனவே அக்கனிப் பொருளில் பல டன்களை எடுத்து அதிலிருந்து மிகவும் சிரமப்பட்டுச் சில மில்லி கிராம் கொண்ட ஒரு புதுத் தாதுவைக் கண்டுபிடித்தார். யுரேனியம், தோரியம் தாதுக்களைப்போல இப் புதுத்தாது பல்லாயிரம் மடங்கு கதிரியக்கம்

கொண்டதாய் இருந்தது. எனவே இது கதிரியம் (Radium) எனப் பெயரிடப்பட்டது.

இக் கிரணங்களைப் பரிசோதித்து அவைகளின் இயல்புகளைக் கண்டறிந்தவர்கள் "ரூதர்போர்டு", "ஸாடி" என்னும் விஞ்ஞானிகள். ஆற்றலின் அழிவின்மை விதிக்கு மாருக, இத் தாதுக்கள் மிகுந்த ஆற்றல்கொண்ட கிரணங்களை ஓயாமல் வெளியிடுவதற்குக் காரணம் 'ரூதர்போர்டு' கூறினூர். இப்பெரியார்தான் சில வருஷங்களுக்கு முன் கல்கத்தாவில் நடந்த இந்திய விஞ்ஞான காங்கிரஸின் வெள்ளி விழாக் கூட்டத்திற்குத் தலைமை வசிக்க இருந்தவர். ஆனுல் துரதிர்ஷ்டவசத்தால் கூட்டத்திற்குச் சில நாட்களுக்கு முன் உயிர் துறந்ததினுல் அவருக்குப் பதிலாக வேருெரு பிரபல விஞ்ஞானி அவருடைய பிரசங்கத்தை வாசித்தார்.

இக்கிரணங்கள் மூன்று வகையாக இருப்பதை "ரூதர்போர்டு" ஆராய்ந்து காட்டினூர். அவைகளுக்கு முறையே ஆல்பா—கிரணங்களென்றும், பீடா—கிரணங்களென்றும், காமா—கிரணங்களென்றும் பெயரிடப்பட்டது. அவைகளில் ஆல்பா—கிரணங்கள் மிகுந்த ஆற்றலையும், பீடா—கிரணங்கள் மிகுந்த வேகத்தையும், காமா—கிரணங்கள் அதிகமான ஊடுருவும்

தன்மையையும் பெற்றிருக்கின்றதை அறிந்தார். மேலும் ஆல்பா—கிரணங்கள் மிகைச் சுமை யேறிய துகள்களென்றும், பீடா—கிரணங்கள் குறைக் கதிர்களைப்போல (Cathode rays) மின்னுருக்களின் அருவியே என்றும் காட்டினர். ஆனால் காமா—கிரணங்களில் ஒரு மின்சுமையும் இல்லாமலிருப்பதை அறிந்தார். நிற்க ஆல்பா—கிரணங்களைக் காட்டிலும் பீடா-கிரணங்களுக்கு ஊடுருவிச்செல்லும் சக்தி அதிகம் என்று அறியப்பட்டது. ஆனால் ஆல்பா—கிரணங்களின் அயனப்படுத்தும் திறமை (Ionisation power) பீடா—கிரணங்களைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பது காணப்பட்டது. அதாவது ஆல்பா—கிரணங்கள் போகும்போது அதைச் சூழ்ந்துள்ள காற்றணுக்களைச் சிதறச்செய்து அயனப் படுத்தும் விஷயத்தில் அதிகத்திறமை கொண் டிருப்பதை அறிந்தார்கள். காமா—கிரணங்கள் எக்ஸ்—கிரணங்களைக் காட்டிலும் ஊடுருவும் சக்தி அதிகம் பெற்றிருப்பதைப் பரீக்ஷை செய்து அறிந்தார்கள். இவை மின்சுமை இல்லாம லிருப்பதால் காந்தப் புலங்களினுலும், மின் புலங்களாலும் சற்றும் பாதிக்கப் படுவதில்லை. எனவே, இவை • எக்ஸ்—கிரணங்களைவிட உயர்ந்த அடுக்கமும் (Frequency) குறைந்த

அலை நீளமும் கொண்ட மின்காந்த அலைகள் என்று கருதப்படுகின்றன.

கதிரியக்கம், சூடு முதலிய பௌதிக நிலைகளினுல் பாதிக்கப்படுவதில்லை. மற்றும் இரசாயன மாறுபாடுகளும் அதைப் பாதிப்பதில்லை. கதிரியக்கத்தின் அளவு அதை வெளியிடும் தாதுவின் அளவைமட்டுமே சார்ந்திருக்கிறது. இதைக்கொண்டு கதிரியக்கத்தால் கனமான அணுக்கள் தாமாகச் சிதைந்து எளிய அணுக்களாக மாறுகின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. நிற்க, மேற்சொன்ன கதிரியக்கம் தானுகவே ஏற்படுகிறது. இதைத் தூண்டவோ அல்லது நிறுத்தவோ நம்மால் ஆவதில்லை. அதாவது இக்கதிரியக்கம் இயற்கையாக நிகழ்வது. இந் நிகழ்ச்சியை அன்றி தற்காலத்தில் விஞ்ஞானிகள் உயர்ந்த வேகத்தோடுசெல்லும் மின்னுருக்களையும், ஆல்பா—துகள்களையும் குண்டுகளாகக் கொண்டு இலேசான அணுக்களின் கருக்களை உடைத்துச் சிதைக்க முடியுமென்று கண்டிருக்கிறார்கள். எனவே இந்தச் செயற்கை அணுச் சிதைவினுல் ஒரு தாதுவை நாம் விரும்பிய மற்றொரு தாதுவாக மாற்றுவதும் வெகு விரைவிலே கைகூடி வரலாமென்று தோன்றுகிறது. ஆகையால் இழிந்த உலோகங்களை மாற்றுயர்ந்த

பொன்னுக்க முயன்ற பண்டைக் காலத்து இரசவாதிகளின் கனவு உண்மையாகும் காலம் நெருங்கிவிட்டது போலும்!

25. மாக்ஸ்வெல்

சென்ற நூற்றுண்டில் கணிதமுறையில் விஞ்ஞான ஆராய்ச்சி நடத்தியவர்களுள் தலை சிறந்து விளங்கிய இவர், ஸ்காட்லண்டு தேசத்தில் எடின்பரோ நகரில், 1831-ஆம் ஆண்டு ஜுன் மாதம் 13-ஆம் தேதி பிறந்தார். இவரது முன்னேர்கள் பல துறைகளில் பிரசித்திபெற்றவர்களென்றும், அதன் பொருட்டு இவர் குடும்பம் நன்கு மதிக்கப்பட்டதென்றும் கூறப்படுகிறது. பிறப்பினுல் ஸ்காட்லண்டு தேசத்துக்குச் சொந்தமானபோதிலும் இவரது அறிவால் உலகத்தார் அனைவருக்கும் இவர் சொந்தமானவர் என்று "மாக்ஸ்பிளாங்க்" என்ற மற்றொரு பெரியார் கூறுகிறுர். ஆருவது வயதிலேயே இவரிடம் இருந்த கூர்ந்துகவனிக்கும் தன்மையைக்கண்டு அனைவரும் வியந்தார்கள். இளம் வயதிலேயே தாயாரை இழந்து விட்டதால் இவரது தந்தையாரே இவரை வளர்க்கும் விஷயத்தில் அதிகம் பங்கு எடுக்குமாறு நேரிட்டது. இவருக்குப் பாடங் கற்பிக்கும்படி இவரது

தந்தை ஒரு உபாத்தியாயரை நியமித்தார். இவரது திறனை அறியாமல் பழைய முறையில் பாடங் கற்பிக்கத் தொடங்கினார். சிறிதும் சிரத்தை காட்டாமலிருந்ததால் இவரைத் துன்புறுத்தினார். கடைசியில் இவருக்குப் புத்தி மந்தம் என்று கைவிட்டார். பின்னர் எடின்பரோவிலுள்ள பள்ளிக்கூடத்தில் சேர்க்கப்பட்டார். இவரது உடையைக்கண்டு மற்ற பையன்கள் கேலி செய்தார்கள். மற்றவர்களுடன் சகஜமாகப் பழகாததினால் இவர் துன்பத்திற்கு ஆளானார். இதன் பயனாக இவரது கூச்சம் மேன்மேலும் விருத்தி அடைந்தது. கணிதத்தில் இவருக்கு இருந்த சாதுர்யத்தைக்கண்டு இவரது உபாத்தியாயர்கள் மெச்சினார்கள். இதை அறிந்து இவரது தகப்பனார் அவ்வூரிலுள்ள ராயல் ஸொஸைடியில் நடக்கும் கூட்டங்களுக்கு அழைத்துச் செல்வார். அக்கூட்டங்கள் ஒன்றில் ஒரு வியாசம் எழுதி வாசித்தார். அப்பொழுது இவருக்கு வயது பதினைந்து. அங்கத்தினர்கள் அனைவரும் இவரது புத்தி கூர்மையை வியந்தார்கள். மேற் படிப்புக்கு கேம்பிரிட்ஜ் கலாசாலைக்கு அனுப்பப்பட்டார். அங்கு இவரது யோக்கியதையை மற்ற மாணவர்களும் ஆசிரியர்களும் உணர்ந்தார்கள். பிற்காலத்தில் பிரசித்தி

பெறவிருந்த மாணவர்களுடன் பழக்கமும் நட்பும் ஏற்பட்டது. அவர்களுடைய நன்மதிப் பைப் பெற்றார். "ராங்களர்" பரிக்ஷையில் இரண்டாவதாகத் தேறினார். படிப்பு முடிந்த வுடன் கேம்பிரிட்ஜ்ஜிலேயே சில காலம் தங்கிக் கணித ஆராய்ச்சிகள் நடத்திவந்தார். இக்காலத் தில் இவரது தகப்பனாரை இழக்க நேரிட்டது. 1856-ஆம் வருஷம் "போர்ப்ஸ்" என்ற ஆசிரி யரின் தூண்டுதலின்பேரில் அபெர்டீனிலுள்ள கல்லூரியில் உபாத்தியாயராக அமர்ந்தார். இங்கு மூன்று வருஷங்கள் தங்கி இருந்தார். கல்லூரித்தலைமை ஆசிரியரின் பெண்ணை மணம் செய்துகொண்டார். பின்னர் லண்டன் சர்வ கலாசாலையில் ஆசிரியராக நியமிக்கப்பட்டார். இவரது ஆராய்ச்சிகள் பெரும்பாலும் இக் காலத்திலேயே நடைபெற்றன. நிற்க, ஏழை களுக்குப் பிரசங்கங்கள் பிரத்தியேகமாக நடத்தி அவர்களுக்கு அறிவைப் புகட்டிவந்தார். ஐந்து வருஷங்களே இங்கு வேலை பார்த்தார். நோயின் பொருட்டு வேலையிலிருந்து விலகிக்கொள்ளு மாறு நேரிட்டது. சில வருஷங்கள் கழித்து கேம்பிரிட்ஜ்ஜில் காவண்டிஷ் ஆராய்ச்சி சாலை ஏற்பட்டவுடன் அதற்கு முதல் தலைவ ராக நியமிக்கப்பட்டார். இப்புதிய

ஆராய்ச்சிசாலையை மிகுந்த ஊக்கத்துடன் நடத்திவந்தார். சில வருஷங்களே இங்கு வேலை பார்க்க நேர்ந்தது. நோய்கண்டு நாற்பத்தொன்பதாம் வயதிலேயே இறந்தார். இவரது ஆராய்ச்சிகளின் மதிப்பைச் சுருக்கமாகப் பார்க்குமிடத்து இவரது மின்சார ஆராய்ச்சியின் விளைவாக ஒளி மின்காந்த தத்துவமும், ஐன்ஸ்டைன் தத்துவமும் பிறந்தனவென்றும், இவரது பொருள்களின் மூலக சித்தாந்தத்திலிருந்து மாக்ஸ்பிளாங்கின் ஆற்றல் அளவு தத்துவம் பிறந்ததென்றும், காவண்டிஷ் ஆராய்ச்சி சாலையில் முதல் தலைவராக இருந்ததின் காரணமாக அணு அமைப்பின் விசேஷங்கள் பின்னிட்டு அறியப்பட்டனவென்றும் கூறுவது மிகையாகாது. மற்ற பிரசித்திபெற்ற விஞ்ஞானிகளுக்கும் இவருக்கும் ஒரு வித்தியாசம் உண்டு. இவர் கண்டுபிடித்தவை யாவும் பரிசோதனையின் வாயிலாக அல்லாமல் கணிதமுறையாலேயே அறியப்பட்டதாதலின், அவை இவரது அபார புத்தி நுட்பத்தை நன்கு எடுத்துக் காட்டுகின்றன. முக்கியமாக, இயக்கத்திற்கும் வெப்பத்திற்கும் உண்டான தொடர்பையும், அது போலவே மின்சாரத்திற்கும் ஒளிக்கும் உண்டான தொடர்பையும் இவர் கண்டவையே

இவருக்கு என்றுமழியாப் புகழைக் கொடுத்தன. சுருக்கமாக அவை இரண்டையும் இங்கு கவனிப்போம்.

அபெர்டீனில் இருக்கும்போது சனிக் கோளின் வளையங்களைபற்றிய ஆராய்ச்சிகள் நடத்திவந்தார். அவற்றினின்று பொருள்களின் மூலகவாதத்தில் இவரது கவனம் சென்றது. அவ்வாதத்தை நன்ருகத் திருத்தி அமைத்து அதன் உதவிகொண்டு பொருள்களின் பௌதிக வியல் குணங்கள் யாவற்றுக்கும் காரணங்கள் காட்டினுர். பிரபல விஞ்ஞானிகளான "கிளாஸி யஸ்", "போல்ட்ஸ்மன்" என்றவர்கள் இதை மேலும் விளக்கினுர்கள். முதலில் இவ்வாதம் வாயுக்களின் பண்புகளை அறியவே கையாளப் பட்டது. மூலகங்களின் இயக்கத்தினுலேயே வாயுக்களின் வியாபிக்கும் தன்மை, இறுக்கம் முதலிய குணங்களிற்குக் காரணங்கள் அறியப் பட்டன. வாயுவின் சூட்டிற்கும், மூலகங்களின் கதிக்கும் உள்ள தொடர்பைக் காட்டினுர். மூல கங்கள் எண்ணற்றதாயிருந்தபோதிலும் அவை களின் சராசரி கதியை கணக்கியலால் கண்டார். உதாரணமாக நீரக மூலகத்தின் சராசரி கதி சாதாரண சூட்டிலும் இறுக்கத்திலும் செகண் டிற்கு 1,838 மீட்டர் எனக் கண்டார். சூடு

உயர மூலகங்களின் கதி அதிகரிக்கின்றதென்றும் எடுத்துக்காட்டினார். தனியியல் அளவில் (Absolute Scale) பூஜ்ஜிய டிகிரீ சூட்டில் மூலகங்கள் எல்லாம் இயக்கத்தை முற்றிலும் இழந்து அசைவற்ற நிலையில் இருக்கவேண்டுமெனக் கண்டார். இவ்வாருக பொருள்களின் குணங்கள் யாவும் முக்கியமாக வாயுப் பொருள்களைப் பற்றியவை வெகுவாக அறியப்பட்டன. இவற்றின் பயனாக "மாக்ஸ்வெல்" இவ்வாதத்தின் தந்தையெனக் கருதப்பட்டு வருகின்முர்.

மூலக இயக்கவாதத்தை நிறுவியபெருமையை "மாக்ஸ்வல்" முன் கூறப்பட்ட இருவிஞ்ஞானிகளுடன் பகிர்ந்தார். ஆனால் மின்சாரத்திற்கும் ஒளிக்கும் உள்ள தொடர்பை எடுத்துக் காட்டியவிஷயத்தில் இவரது புகழ் தனியே சிறந்து விளங்குகின்றது. இவரது ஒளி—மின்காந்த சித்தாந்தத்திற்கு முன் விஞ்ஞானிகளினிடையே இருந்த ஒளியின் இயல்பைப்பற்றிய அறிவை இப்போது சிறிது கவனிப்போம். நியூட்டன் காலம்வரை ஒளி என்பது பிரகாசமான பொருளிலிருந்து வெளிவரும் சிறு துகள்களினால் ஏற்பட்ட உணர்ச்சி என்று நினைத்து வந்தார்கள். ஆகவே, ஒளிக்கிரணங்கள் இத்துகள்களின் பாதைகள் என்று

கருதப்பட்டன. ஆனால் "யங்க்", "ஹைஜின்ஸ்" முதலிய விஞ்ஞானிகள் ஒளிக்கிரணங்களெல்லாம் அலைகளின் இயல்பைக் கொண்டிருக்க வேண்டுமென்று அவர்கள் ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து ஊகித்தார்கள். ஆகவே, ஒளிக்கிரணங்கள் எண்ணற்ற துகள்களின் பாதைகள் என்ற சித்தாந்தம் கைவிடப்பட்டு, அவைகள் ஒலியைப் போலவே அலைகளாகப் பரவவேண்டும் என்ற கொள்கை கையாளப்பட்டது. அலை இயக்கத்திற்கு சில விசேஷ இயல்புகள் உண்டு. அலைகள் பாழிடத்தில் செல்லாது. அவை பரவ பதார்த்த யானம் ஒன்றிருக்கவேண்டும். அலைகள் செல்லுங்கால் யானத்தின் துகள்களெல்லாம் தமது சமநிலைகளினின்று விலகி ஆடிக்கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு துகளும் ஒரு செகண்டிலே இயற்றும் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை அந்த அலையின் அடுக்கம் எனப்படும். தண்ணீர்ப் பரப்பின் மீது இலேசான பொருள் ஒன்றை மிதக்க விட்டால் அதனடியில் அலைகள் செல்லும்போது அப்பொருள் மேலுங் கீழுமாக ஆடுவதிலிருந்து மேற்கூறியதை உணரலாம். நிற்க, அலை இயக்கத்தில் இரண்டு வகையுண்டு. ஒவ்வொன்றிலும் யானத்தின் ஒவ்வொரு துகளும் தன்னிருப்பிடத்திற்கு இருபுறமும் சிறிது தூரம் சென்று,

மீண்டுவந்து, துடித்துக் கொண்டிருக்கும் இத்துடிப்புகள் அலைகள் செல்லும் திசைக்குக் குறுக்காக நிகழ்ந்தால் குறுக்கலைகள் என்றும் (Transverse waves), அலைகள் செல்லும் திசையிலேயே நிகழ்ந்தால் நெட்டலைகள் (Longitudinal waves) என்றும் கூறப்படும். இவற்றிலிருந்து ஒளி அலைகள் பரவுவதற்கு ஒரு பதார்த்த யானம் இருக்கவேண்டிய அவசியத்தை உணர்ந்தார்கள். சூரியனிடமிருந்து நம்மை அடையும் ஒளிக் கிரணங்களெல்லாம் இடையே ஒரு யானத்தின் மூலமாகவே' வந்திருக்கவேண்டுமென்றும், இந்த யானம் பதார்த்த இயல்பு கொண்டிருக்க வேண்டுமென்றும் ஊகிக்கப்பட்டது. இந்த யானத்தைத்தான் விசும்பு (ether) என்று நாம் கூறுவது. எவ்வாறு சூரியன் வரையில் ஒரு பதார்த்த யானம் வியாபித்து இருக்கக்கூடும் என்று முதலில் திகைத்தார்கள். "யங்க்" "ஹைஜின்ஸ்" இவர்கள் காட்டிய பரிசோதனைகளினுல் அனுபவத்திற்கு முரணுக இருந்தபோதிலும் விசும்பு பதார்த்தயானத்தின் தன்மை உடையது என்று மேற் கொள்ளப்பட்டது. அலைகளில் இரண்டுவகை உண்டு என்று முன்பு பார்த்தோம். திட பதார்த்தத்தில் இரண்டுவகை அலைகளும் பரவக்கூடும். ஆனுல்

வாயுக்களில் நெட்டலைகள் மட்டுமே பரவக கூடும். காற்றில் ஒலி அலைகள் இரண்டாவது வகையைச் சேர்ந்தவை. எங்கும் வியாபித் திருப்பதால் விசும்பு வாயுத் தன்மையைப் பெற் றிருக்க வேண்டுமென்றும், ஆகையால் ஒளி அலைகள் நெட்டலைகளாகப் பரவவேண்டு மென்றும் கருதப்பட்டது. சில வருஷங்களுக் குப் பின்னர் சில சோதனைகளின் பயனாக ஒளி அலைகள் குறுக்கலைகளாகத் தானிருக்கவேண்டு மென்று ஏற்பட்டது. எனவே விசும்பு திட பதார்த்தமாக இருக்கவேண்டுமென்று ஆயிற்று. இச்சங்கடத்தை நிவர்த்திசெய்ய முடியாமல் விஞ்ஞானிகள் திகைத்து நின்றார்கள். இதை "மாக்ஸ்வெல்" நிவர்த்திசெய்தார். இவர் மின் சார சம்பந்தமாக ஆராய்ச்சிகள் நடத்திவரும் போது "பாரடே" என்பவர் கண்டுபிடித்த ஊட்ட அருவிகளைப் பின்னும் பரிசோதித்தார். இரண்டு கம்பிச் சுருள்களை எடுத்து, ஒன்றை மற்றொன்றினுள் வைத்து, ஒன்றில் ஒரு மின்னரு வியை ஓடச்செய்து அதைத் திடீரென்று ஓட வோ, நிறுத்தவோ செய்தால், மற்றொரு சுருளில் ஒரு மின்னருவி தூண்டப்படுவதே "பாரடே" அவரது ஆராய்ச்சியில் கண்டமுடிவாகும். இம் மாதிரி தூண்டப்பட்ட அருவிகள் கம்பிச்சுருள்

போன்ற முடிவுற்ற மண்டிலங்களன்னியில் வெற்றிடத்திலும் ஏற்படக்கூடும் என்று "மாக்ஸ்வெல்" கண்டார். மின்னருவியும், காந்தப் புலமும் ஒன்றுக்கொன்று எப்பேரதும் லம்பமாகவே (normal) இருக்குமாதலால், அவை கிரமப்படி ஏற்பட்டு மாறுமிடங்களிலிருந்து, மின் காந்த அலைகள் பரவிச்செல்லும் என்று கண்டார். மேலும் அலைகள் பரவும் திசைக்கு மின்புலம், காந்தப்புலம் இரண்டும் லம்பமாகவே இருக்கின்றதை உணர்ந்து காட்டினார். ஆகையினால் இம் மின் காந்த அலைகள் குறுக்கலைகள் என்பது தெளிவாகிறது. மேலும் கணக்கியலால் இவ்வலைகளின் கதி ஒளி அலைகளின் கதியைப்போலவே இருப்பதைக் காண்பித்தார். எனவே, ஒளி அலைகள் மின் காந்த அலைகளாகத்தானிருக்கவேண்டுமென்று எடுத்துக் கூறினார். நூதனமாக விருந்த இக்கருத்தை விஞ்ஞானிகள் ஒப்புக்கொள்ளவில்லை. இவர் இறந்த பிறகு தான் இம்மின் காந்த அலைகள் பரிசோதனையினால் நிரூபிக்கப்பட்டு இவருடைய பெருமை உணரப்பட்டது. ஜெர்மனியில் "ஹெம் ஹோல்ட்ஸ்" என்ற விஞ்ஞானிக்குத் துணை ஆசிரியராக விருந்த "ஹெர்ட்ஸ்" என்பவர் இதை நிரூபித்தார். இம் மின்காந்த அலைகளை உற்பத்திசெய்து காட்டி

அவை ஒளி அலைகளின் கதியை பெற்றிருக்கின்ற தென்றும், மேலும் ஒளி அலைகளைப்போல பொருள்களின்மீது மோதும்போது பிரதி பலனம் கோட்டம் முதலியவற்றை அடைகின்ற தென்றும் காட்டினார். எனவே "மாக்ஸ் வெல்லின்" சித்தாந்தம் அனைவராலும் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது. விஞ்ஞானத்திற்கு இவர் செய்த பேருதவியைப் போற்றினார்கள். அதன் பயனாகத் தற்காலம் இவ்வலைகளைக்கொண்டு அயல் நாடுகளுக்குச் சமாசாரம் முதலியவற்றை அனுப்பக்கூடுவதால் நம்முடைய வாழ்க்கையில் ஏற்பட்ட மாறுதல்களை நினைக்குங்கால் "மாக்ஸ் வெல்" பெரியாருக்கு நாம் என்றும் கடமைப்பட் டிருக்கிறோம் என்று சொல்வது மிகையாகாது.

26. பொருள்களின் உள் அமைப்பு

பிரபஞ்சத்திலுள்ள பொருள்கள் அனைத்தும் திட, திரவ, வாயுவென்னும் மூன்று நிலைகளிலே இருப்பதை நாமறிவோம். அந் நிலைகளுக்குத் தகுந்தவாறு அவற்றிற்குச் சில விசேஷ இயல்பு களுண்டு. நிற்க, அவற்றின் அமைப்பு யாது? அதற்கு மூலகாரணம் யாது என்பவற்றை ஆராயுங்கால் பொருள்களை எல்லையற்ற அள விற்குப் பிரித்துக்கொண்டே போக முடியு மா என்ற கேள்வி உண்டாகிறது. ஓரளவுக்கு வந்தபின் அதற்குச் சிறியதாகப் பிரிக்கமுடியாது என்று கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சிறிய துகள்களை மூலகம் (Molecule) என்றார்கள். ஆகையினால் பொருள்களெல்லாம் மூலகங் களாலானவை என்று அறியலாம். கோடிக் கணக்கான மூலகங்கள் ஒவ்வொரு பொருளிலும் கூடி இருக்கவேண்டும். உதாரணமாக 0°C

சென்டி கிரேட் சூட்டிலும், கட்டளை பவன இறுக்கத்திலும் (Standard Atmospheric Pressure) உள்ள ஒரு கன சென்டிமீட்டர் காற்றில் சுமார் 2.7×10^{19} மூலகங்கள் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். திட, திரவ, வாயு என்ற நிலைகளின் வேற்றுமைக்கு இம்மூலகங்களின் நெருக்க வேற்றுமையே காரணமாகிறது என்று அறியப்பட்டது. அதாவது வாயு நிலையிலே மூலகங்கள் ஒன்றுக்கொன்று நெடுந்தூரம் விலகி இருக்கின்றன வென்றும், திரவ நிலையிலே இதைவிடச் சற்று நெருங்கி இருக்கின்றன வென்றும், திட நிலையில் இன்னும் நெருங்கி இருக்கின்றன வென்றும் தெரிகிறது.

பிறகு இம்மூலகங்கள் அசைவற்றிருக்கிறதா அல்லது அசைந்துகொண்டிருக்கிறதா என்ற கேள்வி உண்டாகும். பல பரிசோதனைகளைக்கொண்டு மூலகங்கள் எல்லாம் நிரந்தரமான இயக்கத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டுமென்று உணரப்பட்டது. உதாரணமாக ஒரு பாத்திரத்தில் நீரைப்பெய்து அதன் மேல் ஆல்ககால் என்னும் மற்றொரு சாராயத் திரவத்தின் படலம் ஒன்றை ஏற்படுத்துவோம். ஆல்ககால் நீரைக்காட்டிலும் லேசானதாக இருந்தபோதிலும் மேல் பரப்பிலிருந்து

ஆல்ககால் திரவம் பாத்திரத்தின் அடிப்பாகத்திற்குச் சென்று கலந்து விடுவதை நாமறியலாம். இவ்வாறு நிகழ்வதற்கு ஆல்ககால், நீர் இவற்றின் மூலகங்களின் இயக்கமே காரணமாயிருக்க வேண்டுமென்று உணரலாம். இயற்கை நூல் விஞ்ஞானியான ப்ரௌன் (Brown) என்பவர் ஓர் சூக்ஷ்ம தரிசனியைக் (Microscope) கொண்டு முதன் முதலில் இவ்வியக்கத்தைத் திரவங்களில் கண்டார். அதன் பொருட்டு இதைப் ப்ரௌனியன் இயக்கம் என்று கூறுவார்கள். மூலகங்களின் இயக்கத்தினுலேயே வாயுக்கள் எங்கும் வியாபிக்கும் தன்மை பெற்றிருக்கிறது. நிற்க, அவற்றைக்கொண்டிருக்கும் கலத்தின் சுவர்களில் இம்மூலகங்கள் மோதி மீள்வதால் தான் அவற்றின் இறுக்கம் ஏற்படுகிறது என்று அறியப்பட்டது. இவ்வியக்கத்தை ஆதாரமாகக் கொண்டே மூலக இயக்கவாதம் (Kinetic Theory of Gases) என்ற விஞ்ஞானப் பிரிவு ஏற்பட்டது. இவ்வாதத்தைக் கொண்டு பொருள்களின் குணங்கள் யாவும், முக்கியமாக வாயுப்பொருள்களைப் பற்றியவை, வெகுவாக அறியப்பட்டன.

மூலகத்திற்குச் சிறிதான அணு (atom) என்று ஒன்றிருக்கவேண்டுமென்று முதல் முத

லில் எடுத்துக்காட்டியவர் டால்டன் (Dalton) என்ற இரஸாயன விஞ்ஞானியாவர். சில அணுக்களின் சேர்க்கையே மூலகங்களாகும் என்று அறியப்பட்டது. அணு என்பது தனிப்பொருளிலிருந்து பிரிக்க முடியாத நிலையில் கிடைக்கும் சிறு துகள் என்றும், தனிப்பொருளின் எல்லா அணுக்களும் ஓர் உருவம், திண்மை முதலிய குணம் கொண்டவை என்றும், வெவ்வேறு தனிப்பொருள்களின் அணுக்களின் குணங்கள் வெவ்வேருனவை என்றும், பொருள்களின் இரஸாயன சேர்க்கைக்கு இவ்வணுக்களே காரணமாய் இருக்கின்றன என்றும் 'டால்டன்' கூறினர். மேலும் இவற்றைக்கொண்டு இரஸாயன சேர்க்கைக்குண்டான விதிகளை நிரூபித்தார். தனிப் பொருள் அல்லாதவற்றின் மூலகங்களில் அதன் சேர்க்கைக்குச் சம்பந்தப்பட்ட தனிப் பொருள்களின் அணுக்கள் அடங்கி உள்ளன என்று அறியப்பட்டது. உதாரணமாக இரண்டு நீரக (Hydrogen) அணுக்களும், ஒரு பிராணவாயு (Oxygen) அணுவும் சேர்ந்து தண்ணீரின் மூலகமாகிறது. இதே போன்று தண்ணீரிலுள்ள ஒவ்வொரு மூலகத்திலும் இரண்டு நீரக அணுக்களும், ஒரு பிராணவாயு அணுவும் இருக்கின்றன. தனிப்பொருள்களிலும் இரண்டு அணுக்

கள் சேர்ந்து மூலகமாக இருக்கலாம். உதாரண மாக நீரக வாயுவில் சாதாரண சூட்டில் இரண்டு அணுக்கள் சேர்ந்து உள்ள மூலகங்கள் காணப் பட்டன. ஆனால் சூடு வெகுவாக உயர்ந்த வுடன் இம்மூலகங்களிலுள்ள அணுக்கள் தனி யாகப் பிரிந்துவிடுகின்றன.

இவ்வாறாக அணுக்களைவிடச் சிறிய துகள் இல்லை என்று நெடுநாள்வரை கருதிவந்தார்கள். சென்ற நூற்றாண்டின் இறுதியில் குறைந்த இறுக்கங்களையுடைய வாயுக்களின் மூலமாக மின்பாய்ச்சலை ஏற்படுத்தியபோது நிகழும் மாறுதல்களைப்பற்றி ஆராயத்தொடங்கினார்கள். மிகக் குறைந்த இறுக்கத்தையுடைய வாயுவின் மூலம் மின்பாய்ச்சல் உண்டாகும்பொழுது குறைத்துருவத்திலிருந்து கண்ணுக்குப் புலப் படாத ஒரு கிரணவீச்சு மிகைத்துருவத்துக்குச் சென்று தாக்குவதைக் கண்டார்கள். இக் கிரணங்களை குறைத்துருவக்கதிர்கள் (Cathode Rays) என்று பெயரிட்டார்கள். இவற்றின் இயல்பை முதன் முதலில் கண்டுணர்ந்தவர் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் (J. J. Thompson) என்ற விஞ்ஞானி ஆவர். இக்குறைத்துருவக்கதிர்கள் அல்லது குறைக்கதிர்கள் சிறு துகள்களானவை என்று கண்டு அவற்றுக்கு மின்னுருக்கள் (Ele-

ctrons) எனப் பெயரிட்டார். ஒரு மின்னுரு வின் நிறை நீரக அணுவின் நிறையில் 1850-ல் ஒன்ருக இருப்பதைக் கண்டார். ஆகையால் இவை மூலகங்களும் அல்ல, அணுக்களும் அல்ல என்றும், அவற்றைவிடச் சிறிய துகள்கள் என் றும் எடுத்துக்காட்டினுர். தவிர இத்துகளின் மின் சுமையையும் அளந்து காட்டினுர். இம்மின் னுருக்கள் வேறு வழிகளிலும் உற்பத்தி செய்யக் கூடுமென்று கண்டார்கள். புற ஊதாக்கிரணங் கள் (Ultra Violet rays) சில பொருள்களின் மீது தாக்கும்போது அவற்றிலிருந்து மின் னுருக்கள் வெளிவருவதைக் கண்டார் கள். தவிர ஒரு பொருளை மிகுந்த சூட்டிற்கு ஏற்றியவுடன் அதினின்றும் மின்னுருக்கள் வெளிப்படுவதையும் கண்டார்கள். கதிரியக் கப் பொருள்களிலிருந்து (Radioactive Substances) வெளிவரும் பீடா—கிரணங்கள் (β-rays) மின்னுருக்களாக இருப்பதை அறிந் தார்கள். மேலும் அவற்றினின்றே வெளி வரும் ஆல்பா-கிரணங்களும் (α-Rays) எக்ஸ்-கிரணங்கள் (X-Rays) என்ற மற்ருெருவித கிரணங்களும் பொருள்களைத் தாக்கும்போது அவற்றினின்று மின்னுருக்கள் வெளிப்படுவதை யும் கண்டார்கள். இவ்வாருகப் பல பரிசோதனை

களிலிருந்து ஒவ்வொரு அணுவிலும் இத்தகைய மின்னுருக்கள் இருக்கவேண்டுமென்று அறிந் தார்கள்.

இனி, அணுவின் அமைப்பிற்குவேண்டிய மற்றோர் அங்கத்தைப்பற்றிப் பார்ப்போம். அணுக்கள் அலிமின்னியல்பு வாய்ந்திருப்பதால் அவைகளிலே மிகைச்சுமைகொண்ட துகள் களும் இருக்கவேண்டுமென்று ஊகிக்கப்பட் டது. இத்துகள்களை, கருக்கள் (nuclei) எனக் கூறுவார்கள். நிற்க, மிகைச்சுமையானது நீரக அணுவைக்காட்டிலும் குறைந்த நிறையுடன் உள்ள துகள்களோடு காணக்கூடவில்லை என்று அறியப்பட்டது. தவிர ஒரு மின்னுருவின் நிறை நீரக அணுவின் நிறையில் 1850-ல் ஒன்றுக இருப்பதை முன்பு கூறினோம். ஆகை யினால் மிகைச்சுமை ஏறியபாகமே அணு நிறைக் குக் காரணமாயிருக்கிறது என்று அறியப்பட் டது. எல்லாவற்றிற்கும் இலேசான நீரக அணு வின் மிகைச்சுமையேறிய பாகத்திற்குப் ப்ரோட் டான் (Proton) என்று பெயரிட்டார்கள். மற்ற பொருள்களின் அணுக்கருக்களைப்பற்றிய நமது அறிவெல்லாம் பெரிதும் கதிரியக்கத்தின் மூல மாக ஏற்பட்டதேயாகும். சில கனிப்பொருள் களிலிருந்து மூன்றுவகைக் கிரணங்கள் வெளி

வருவதை அறிந்தார்கள். அதற்கு ஆல்பா-கிரணங்கள், பீடா-கிரணங்கள் காமா-கிரணங்கள் (γ-Rays) என்று பெயரிட்டார்கள். ஆல்பா-கிரணங்கள் மிகைச்சுமையேறிய துகள்களென்றும் நீரக அணுவைப்போல நான்கு மடங்கு நிறைகொண்டவை என்றும் கண்டார்கள். பீடா-கிரணங்கள் குறைக்கதிர்களைப் போன்று மின்னுருக்களின் அருவியே என்று அறியப்பட்டது. இவ்வாறு ஆல்பா-துகள்கள் கதிரியக்கத்திலே வெளிப்படுவதிலிருந்து அணுக்களின் கருவிலே ஆல்பா-துகள்கள் இருப்பது தெளிவாகிறது. எல்லா அணுக்களின் நிறையும் நீரக அணுவின் நிறையில் பல மடங்குகளாகவே இருப்பதால் சில அணுக்களிலே நீரக அணுக்கருவாகிய ப்ரோட்டான் (Proton) இருக்க வேண்டியிருக்கிறது. மற்றும் ஆல்பா-துகள்களோடு பீடா-துகள்களாகிய மின்னுருக்களும் கருவிலிருந்து வருவதால் ஆல்பா-துகள்களும், பீடா-துகள்களும், நீரக கருக்களாகிய ப்ரோட்டான் (Proton)களும் கூடிய இவற்றின் பயனிலைச்சுமையே கருவின் மிகைச்சுமையாகும்.

கடைசியாக, தற்காலத்தில் அணுவின் அமைப்பைப்பற்றி ஊகித்தறியப்பட்டுள்ளவற்றைச் சுருக்கமாகக் கூறுவோம். ஒவ்வோர்

அணுவிலும் மிகைமின்சுமையை ஏற்றுள்ள தொருகருவும் அதைச் சூழ்ந்து பல மண்டிலங் களிலே ஓடிவரும் குறைமின் சுமைகொண்ட மின்னுருக்களும் இருக்கின்றன. இச்சுமைகளை எடுத்துக் கூறும்போது மின்னுருவின்மீதுள்ள சுமையையே அலகாகக்கொள்வார்கள். ஒவ்வோர் அணுவிலும் கருவைச்சுற்றி எத்தனை மின்னுருக் கள் ஓடுகின்றனவோ அத்தனை அலகுகொண்ட மிகை மின்சுமைக்கருவின்மீது நிற்கும். எனவே, ஒவ்வோர் அணுவிலும் உள்ள புற மின்னுருக் களின் (Extra-nuclear Electrons) எண்ணிக்கை அந்த அணுவின் கருவிலுள்ள பயனிலே மிகைச் சுமையைக் காட்டும். இந்த எண் அணு-எண் (Atomic Number) எனப்படும். ரஸாயன இயல் புகளைப்பற்றியவரை ஒவ்வொரு தாதுவுக்கும் அதன் அணு-நிறையை (Atomic weight) விட அணு-எண்ணே அடிப்படையாகும். மேலும், புறமின்னுருக்களெல்லாம் சூரியனைச் சுற்றிவரும் கிரகங்கள்போல ஆயத வடிவம் (Ellipse) கொண்ட மண்டிலங்களிலே ஓடுகின்றன என்று அறியப்பட்டது. இந்த மண்டிலங்களெல்லாம் வரையறுக்கப்பட்டவை. இவற்றை நிர்ண யித்துவிடலாம். மற்றும் ஒவ்வொரு மண்டிலத் திலும் இத்தனை மின்னுருக்கள்தான் இருக்க

முடியுமென்ற நியதியும் உண்டு. தவிர அணுக்களின் பௌதிக, இரஸாயன இயல்புகள் பெரும்பாலும் இப்புற மின்னுருக்களாலேயே நிர்ணயிக்கப்படுவதாகக் கண்டார்கள்.

சமீபகாலத்தில் நீரகக்கருவின் நிறையையும் ஆனால் அலிச்சுமையையும்கொண்ட அலியுரு (neutron) என்னும் ஒரு துகள் புதிதாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. மற்றும் மின்னுருவின் நிறையும் அதற்குச் சமமான மிகைச்சுமையும் கொண்ட மிகையுரு (Positron) என்னும் துகள்களும் தோன்றுவதாகத் தெரிகிறது. இவற்றைப் பின்னும் ஆராய்ந்தால் அணுவின் அமைப்பைப் பற்றி நாம் கொண்டுள்ள கருத்துக்கள் சிறிது மாறுபாடடையக்கூடும்.

27. 'பிந்து வாதம்'

சென்ற நூற்றூண்டின் இறுதிவரை வானத்தில் சஞ்சரிக்கும் கிரகங்கள்முதல் மிகச் சிறிய துகள்களான மின்னுருக்கள் (Electrons) வரை எல்லாப் பொருட்களின் இயக்கங்களின் விதிகளில் விஞ்ஞானிகள் கையாண்ட தத்வங்கள் நியூட்டன் கண்டுபிடித்த (mechanics) யந்திர வியலறிவு விதிகள்தான். இதன் பொருட்டு நியூட்டன் விதிகள் பௌதிக நூலுக்கு அடிப்படையாகக் கருதப்பட்டு வந்தன. இவ்விதிகள் ஒருகாலும் தவரு என்ற திடநம்பிக்கையும் ஏற்பட்டிருந்தது. நியூட்டன் கொள்கைகளுக்கு மாருக 'பிளாங்க்' (Planck) என்பவர் இந்நூற்ருண்டின் துவக்கத்தில் தன்னுடைய பிந்து வாதத்தை (Quantum Theory) எடுத்துரைத்ததும் உலக விஞ்ஞானிகள் அனைவரும் திகைத்துப்போனுர்கள். வெகுநாட்களாக ஆராய்ந்து சேமித்து வைத்திருந்த அறிவு முழுவதையும் திருத்தி அமைத்துக்கொள்ளவேண்டியதாயிற்று. இவ்வாதம், கிரணித்தல் முறையில் (Radia-

tion) சூடு பரவுவதற்கான விதிகளைத் தொகுத்துக் கூறுவதற்கு அவரால் கையாளப்பட்டது. பின்னர் குறைந்த சூடுகளில் பொருள்களின் குணங்களை அறிவதற்கும், பன்னிற ஒளிக்கிரணங்கள் எக்ஸ்ரே கிரணங்கள் இவைகளின் விவரங்களை அறிவதற்கும் இவ்வாதம் பயன் பட்டது. முக்கியமாக இவ்வாதத்தின் துணை இல்லாவிடில் அணுவின் அமைப்பைப்பற்றி இப்போது கிடைத்திருக்கும் அறிவை நாம் பெற்றிருக்கமாட்டோம்.

சூடு உயர்ந்த பொருள்களின் அருகே நின்றால் அவற்றினின்று வெப்பம் நம்மீது வந்து தாக்குவதைப் பார்க்கிறோம். இம்முறையில் நடுவிலுள்ள யானம் (Medium) சூடேறுவதில்லை. இம்முறையைக் கிரணித்தில் என்பார்கள். இவ்வாறே ஒன்பதுகோடி மைலுக்கு அப்பாலுள்ள சூரியனிடமிருந்து வெப்ப ஆற்றலைப் பெறுகிறோம். பூமியை அடையுமுன்னே அது பல மைல்கள்வரை பவனத்தினுள்ளே ஊடுருவி வரவேண்டியிருப்பினும், பவனம் (atmosphere) அதனால் சூடடைவதில்லை. நிற்க, இவ்வெப்பமெல்லாம் எங்கும் வியாபித்திருக்கும் விசும்பில் அலைகளாகப் பரவி (Ether waves) நம்மை அடைகின்றன. வெப்ப கிரணங்களும்

ஒளிக்கிரணங்களும் ஒரே வகையைச் சேர்ந்தன வென்றும், அவை இரண்டும் ஒரே கதியுடன் செல்லுகின்றனவென்றும் அறியப்பட்டது. இவ்விரண்டிற்கும் உள்ள வேற்றுமை அலை நீளத்தினிலே ஏற்பட்டதேயாகும். ஒளிக்கிரணங்களின் அலைகளைவிட வெப்பக் கிரணங்களின் அலைகள் அதிக நீளமானவை. ஒரே கதியைக்கொண்ட அலைகளிலே நீண்ட அலைகள் மெதுவாகத் துடிக்கும் என்றும், குறுகிய அலைகள் வேகமாகத் துடிக்கும் என்றும் அறியலாம். ஆகையினால் வெப்பக் கிரணங்களின் அடுக்கம் (Frequency) ஒளிக்கிரணங்களின் அடுக்கத்தைவிடக் குறைவானது என்று தெரியவருகிறது.

வெப்பக் கிரணங்களை வெளியிடும் பல ஊற்றுக்கண்களின் கான்றல் திறமை (Emissive power), உறிஞ்சுதிறமை (absorbing power) இவற்றை ஆராய்ந்தார்கள். வெப்பத்தை நன்றாக வெளியிடும் ஓர் பரப்பு வெப்பத்தை நன்றாக உறிஞ்சவும் செய்கிறது என்று சென்ற நூற்றாண்டில் கண்டார்கள். முழுதும் கருமையான பரப்பு இக்குணத்தை நன்கு பெற்றிருப்பதை அறிந்தார்கள். ஒரு விநாடியில் ஒரு சதுரப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்பத்தை அப்பரப்பின் கான்றல் திறமை எனக்கொண்டார்கள்.

முழுக்கருமையான பரப்பின் கான்றல் திறமை எவற்றினால் மாறுபடும் என்பதை ஆராயத் தொடங்கினார்கள். 1859-ஆம் ஆண்டில் "கிர்ச் சாப்" (Kirchoff) என்பவர் முழுக்கருமையான பரப்பின் கான்றல் திறமை, அப்பரப்பின் சூட்டை மட்டுமே சார்ந்திருக்கிறது என்று கண்டார். பின்னர் இவ்விரண்டிற்கும் உள்ள இணைவை (Stephen, Boltzman) ஸ்டீபன், போல்ட்ஸ்மன் என்ற இரு விஞ்ஞானிகள் எடுத்துரைத்தார்கள். கான்றல் திறமை பரப்பின் தனியியல் சூட்டின் வர்க்க இருமைக்கு (Fourth power of the absolute temperature) நேர்விகிதமாக மாற வேண்டும் என்றார்கள். இவ்விணைவு சோதனை மூலமாக நிரூபிக்கப்பட்டது. இவ்வாறு அப் பரப்பிலிருந்து வெளிவரும் வெப்பத்தில் பல் வேறு அலை-நீளமுடைய கிரணங்கள் அடங்கி இருப்பதால் அவ்வாற்றலில் இக்கிரணங்களின் உறைப்பு வெவ்வேறாக இருக்கும் என்று அறிய லாம். ஆகவே பரப்பின் கான்றல் திறமை ஆற்ற லில் அடங்கியுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள கிரணத்திற்கு உச்சமதிப்பைப் பெற் றிருக்கும் என்று உணரலாம். இக்கான்றல் திறமைக்குண்டான தனியியல் சூட்டுக்கும் அவ் வலை-நீளத்திற்கும் உள்ள இணைவு எத்தகைய

தாக இருக்கவேண்டுமென்று கணக்கியல் முறையால் 'வியன்' (Wien) என்னும் விஞ்ஞானி 1893-ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடித்தார். அதாவது கான்றல் திறமை உச்சமதிப்பை அடையும் போது இருக்கும் தனியியல் சூட்டையும், உச்ச மதிப்பிற்குண்டான அலை-நீளத்தையும் பெருக்கி வந்த தொகை ஓர் மாறிலியாக இருக்கும் என்று அறிந்தார். இவ்வினையை 'வியனின் பெயர்ச்சி விதி' (Wien's Displacement Law) என்றூர்கள். சூடு உயர, கான்றல் திறமையின் உச்ச மதிப்பிற் குண்டான அலை-நீளம் அதற்குத் தக்கவாறு குறையும் என்ற கருத்தையே இவ்விதி எடுத்துரைக்கின்றது. பரிசோதனையால் இவ்விதி சரி பார்க்கப்பட்டது. மேற்கொண்டு, வெப்ப ஆற்றலில் பல்வேறு அலை-நீளம்கொண்ட கிரணங்கள் அடங்கி இருப்பதால் இக்கிரணங்களின் உறைப்பு எவ்வாறு அலை-நீளத்தாலும் சூட்டினாலும் பாதிக்கப்படுகிறது என்ற விவரங்களை ஆராயத்தொடங்கினூர்கள். இவ்விவரங்களுக்கு நியூட்டன் இயக்க விதிகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு 'வியன்' என்பவராலும், 'ராலே' (Raleigh) என்பவராலும் இரண்டு வாய்பாடுகள் கொடுக்கப்பட்டன. ஆனூல் பரிசோதனை செய்து பார்க்கையில் வியனின்

வாய்பாடு குறைந்த அலை-நீளக்கிரணங்களடங்கிய ஆற்றலுக்கும் ராலேயின் வாய்பாடு மிகுந்த அலை-நீளக்கிரணங்களடங்கிய ஆற்றலுக்குமே பொருந்துவதைக் கண்டார்கள். எல்லா அலை-நீளங்களுக்குண்டான பொது வாய்பாடு ஒன்றைப் பெறமுடியாமல் போயிற்று. (Planck) 'பிளான்க்' என்பவர் தமது பிந்து வாதத்தைக் கொண்டு இத்தகைய வாய்பாடு ஒன்றைக் கண்டுபிடித்துக் காட்டினர். முடிவு சரியாக இருந்தபோதிலும் இவரது வழி விஞ்ஞானிகளைத் திகைக்கச்செய்தது. வேறு வழி இல்லாமல் அவரது வாதத்தை அவர்கள் ஒப்புக்கொண்டார்கள். அது முதற்கொண்டு பௌதிகநூலில் புதிய சகாப்தம் ஆரம்பமாயிற்று. இப்படி மாறுதலைச் செய்த அவரது வாதத்தைச் சற்று கவனிப்போம்.

வெகுநாள் முன்னரே பொருள்களெல்லாம் சிறிய துகள்களான அணுக்களின் கூட்டமாகத் தானிருக்கவேண்டுமென்ற கொள்கை விஞ்ஞானிகளிடையே ஏற்பட்டுவிட்டது. இந்நூற்ருண்டின் துவக்கத்தில் ஜே. ஜே. தாம்ஸன் என்ற பேரறிஞர் குறைமின்சுமை கொண்டுள்ள மிகச் சிறிய துகள் ஒன்றைக்கண்டுபிடித்தார். அதற்கு மின்னுரு எனப் பெயரிட்டார். இத்துகளே

மின்சுமையில் அடிப்படையான அலகாக (Unit) ஆயிற்று. அதாவது மின்சாரத்திலும் துகள் சித்தாந்தத்தை மேற்கொண்டார்கள். ‘பிளான்க்’ என்பவர் பொருள் அமைப்பிலும், மின்சாரத்திலும் துகள் சித்தாந்தத்தை மேற்கொள்ளும் பொழுது ஆற்றல் விஷயத்திலும் ஏன் இச் சித்தாந்தத்தை மேற்கொள்ளக்கூடாது என்ற கேள்வியை எழுப்பி, அவ்வாறு கொண்டால் தான் வெப்ப ஆற்றலுக்குண்டான பொது வாய்பாட்டைப் பெறலாம் என்று காட்டினார். அதுகாறும் ஆற்றல் தொடர்பற்றுப் பெருக முடியாது என்று கருதிய கொள்கையை விட வேண்டியதாயிற்று. ஒரு உதாரணத்தைக் கொண்டு இதை விளக்குவோம். ஒரு கடியாரத்தின் நாலத்தைக் (Pendulum) கவனிப்போம். ஆடும்போது அதன் வீச்சு (Amplitude) பூஜ்ஜியத்திலிருந்து குறித்த அளவுவரை தொடர்பாக மாறிவருவதாகவும், அதனால் அதன் இயக்க ஆற்றல் தொடர்பாகவே அதிகரித்துக் குறைந்து வருவதாகவும் நமக்குப் புலப்படுகிறது. பிளாங்கின் கொள்கைப்படி நாலத்தின் ஆற்றல் விட்டு விட்டே அதிகரித்துக் குறைந்து வருகிறது. இதற்கு வீச்சும் தொடர்பற்று அதிகரித்துக் குறைந்து நாலம் குதித்துக் குதித்து ஆடிக்

கொண்டிருக்கவேண்டும். இவ்வாறு நிகழ்வது நம் கண்ணுக்குப் புலப்படாததினால் ஆற்றல் தொடர்ந்தே அதிகரித்துக் குறைந்துவருவதாகக் கொள்கிறோம் என்றார். அணு, மின்னுரு இவை களைப்போல ஆற்றலுக்கும் அடிப்படையாகப் பிந்து ஒன்று இருக்கின்றதென்றும், இப்பிந்துவின் மதிப்பு ஆற்றலில் அடங்கியுள்ள கிரண அலைகளின் அடுக்கத்தைச் சார்ந்திருக்கின்றதென்றும் கூறினார். அதாவது மிகுந்த அடுக்கத்தையுடைய கிரண ஆற்றலின் பிந்து பெரிதாகவும், குறைந்த அடுக்கத்தையுடைய கிரண ஆற்றலின் பிந்து சிறிதாகவும் இருக்கும். இதுவே பிளாங்கின் கொள்கையாகும்.

பிளாங்க் தன் சித்தாந்தத்தை வெளியிட்ட ஐந்து வருஷங்களுக்குப் பின்னர் 'ஐன்ஸ்டைன்' (Einstein) என்ற மற்றொரு பேரறிஞர் இதைக் கொண்டு ஒளியியலில் காரணம் அறியாதிருந்த ஒரு நிகழ்ச்சியை விளங்கச் செய்தார். புற ஊதாக்கிரணங்கள் (Ultra Violet rays) போன்ற அடுக்கம் மிகுந்த கிரணங்கள் சில பொருள்களின்மீது தாக்கும்போது அவற்றிலிருந்து மின்னுருக்கள் வெளிவருவதாகக் கண்டார்கள். இது ஒளியல் மின்-நிகழ்ச்சி (Photo-electric effect) எனப்படும். ஒளி ஆற்றலுக்

கும் இப்பிந்து வாதத்தைப் பயன்படுத்தி மேற் சொன்ன நிகழ்ச்சிக்கு ஐன்ஸ்டைன் சமாதானம் கூறினார். அவரது முடிவு பரிசோதனையினால் நிரூபிக்கப்பட்டது பின்னர் இரண்டு ஆண்டுகள் கழித்து இவ்வாதத்தை வெப்பவியலில் மற்றோர் நிகழ்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தினார். பல ஆண்டு களுக்குமுன் 'டியூலாங்' (Dulong) பெடிட் (Petit) என்னும் இரண்டு விஞ்ஞானிகள் இரும்பு, வெள்ளி, பொன் முதலிய பல தாதுக்களின் வெப்ப உரிமைகளை (specific heats) நிர்ண யித்து ஒரு முடிவைக் கண்டார்கள். ஒரு பதார்த் தத்தின் வெப்ப உரிமை என்பது ஒரு கிராம் நிறையுள்ள அப்பதார்த்தத்திற்கு ஒரு டிகிரீ செண்டிகிரேடு சூடு அதிகரிக்க ஊட்டவேண் டிய வெப்பமாகும். இவ்வெப்ப உறிமையை அணு-நிறை (atomic weight) யால் பெருக்கிவந்த தொகை எல்லா தாதுக்களுக்கும் சமம் என்ற முடிவைக் கண்டார்கள். அதன் பொருட்டு இதை டியூலாங்—பெடிட் விதி எனப் பெயரிட் டார்கள். இப்பெருக்குத் தொகை அணு-வெப் பம் (Atomic heat) எனப்படும். ஆனால் சில தாதுக்கள் மட்டும் இவ்விதிக்கு விலக்காக இருந் தன. ஐன்ஸ்டைனும், 'டெபை' (Debye) என் னும் மற்றொரு விஞ்ஞானியும் பிந்து வாதத்தின்

துணைகொண்டு மேற்சொன்ன விதியை ஒழுங்கு படுத்தினர்.

கடைசியாக அணு அமைப்பைப்பற்றிய அறிவு முன்னேற்றத்தில் இவ்வாதம் அடைந்த வெற்றியைக் கவனிப்போம். ஜே. ஜே. தாம்ஸன் மின்னுருக்களைக் கண்டுபிடித்ததும் ஒவ்வொரு அணுவிலும் இத்தகைய மின்னுருக்கள் சிலவும் பலவுமாக இருக்கின்றன என்று அறிந்தார். அணுக்கள் அலி-மின்னியல்பு (electrically neutral) வாய்ந்திருப்பதால் அணுக்களிலே மின்னுருக்களைத் தவிர மிகைச் சுமையை ஏற்றுள்ள துகள்களும் அங்கமாய் இருக்கவேண்டுமென்று ஊகிக்கப்பட்டது. 'ருதர்போர்டு' (Rutherford) என்ற விஞ்ஞானி அவரது சோதனைகளின் மூலமாக மிகைச் சுமை யேறியுள்ள துகள் அணுவின் விட்டத்தில் மிகச் சிறியதான பாகத்தினளவுதானிருக்க வேண்டு மென்று கண்டார். இப்பாகம் கருவு (Nucleus) எனப் பெயர் பெற்றது. மேலும் அவர் மிகைச் சுமையை ஏற்றுள்ள கருவைச்சுற்றி வட்டமான பல மண்டிலங்களிலே மின்னுருக்கள் ஓடிவர வேண்டும் என்று கூறினர். இந்த மண்டிலங் களெல்லாம் வரையறுக்கப்பட்டனவா என்ற கேள்வி பிறந்தது. நியூட்டன் இயக்க விதிகளை

மேற்கொண்டால் இம்மண்டிலங்களின் எண்ணிக்கை எண்ணற்றதாகிறது. தவிர, அணு ஆற்றலை ஓயாது வெளியிடவேண்டுமென்றும், அதனால் மின்னுருக்கள் எப்பொழுதும் கருவை அணுகிக்கொண்டே இருக்கும் என்றும் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு நிகழ்ந்தால் அணு சமநிலைமையற்றதாகிவிடுகிறது. 1913-ஆம் ஆண்டில் 'நீல்ஸ் போர்' (Niels Bohr) என்ற டேனிஷ் பேரறிஞர் பிந்து வாதத்தின் துணைகொண்டு அணு அமைப்பை நன்கு புலப்படுத்தினார். இதன் காரணமாக அவரது புகழ் உலகமெங்கும் பரவிற்று. மின்னுருக்கள் சில மண்டிலங்களிலேதான் ஓடமுடியுமென்றும், அம்மண்டிலங்களை வரையறுத்துவிடலாமென்று எடுத்துக் காட்டினார். மேலும் இம்மண்டிலங்கள் ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒவ்வொரு ஆற்றல் மதிப்பு (energy level) உண்டென்றும் உயர்ந்த ஆற்றல் கொண்ட மண்டிலத்தினின்று தாழ்ந்த ஆற்றல் கொண்ட மண்டிலத்திற்கு ஒரு மின்னுரு தாவினால் இவ்விரண்டு ஆற்றல் மதிப்புகளுக்குமுள்ள வேற்றுமையாகிய ஆற்றலை கிரணித்தலினாலும் அம்மின்னுரு வெளியிடுமென்றும், அவ்வாறே தாழ்ந்த ஆற்றல்கொண்ட மண்டிலத்தினின்று உயர்ந்த ஆற்றல் கொண்ட

மண்டிலத்திற்கு ஒரு மின்னுரு தாவும்போது இவ்விரண்டு மண்டிலங்களுக்குமுரிய வேற்றுமையாகிய ஆற்றலை அது உட்கொள்ளும் என்றும் எடுத்துக்காட்டினர். இவரது முடிவுகள் நீரக அணு (hydrogen atom) விஷயத்தில் முற்றிலும் சரியாயிருப்பதைப் பரிசோதனையினால் கண்டு விஞ்ஞானிகள் இவரது திறமையைப் பாராட்டினர்கள். இப்பெருமையில் பிளான்க் என்பவருக்கே பெரிதும் பங்குண்டு. இவ்வாறாக பிளான்க்கின் பிந்து வாதம் பௌதிக வியலின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

PRINTED AT THE M.L.J. PRESS, MYLAPORE, MADRAS.